

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
Отделение школы (НОЦ) Материаловедения

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Анализ и совершенствование технологического процесса изготовления детали "Держатель МП-ЗАКс"

УДК 621.81-229.27.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8ЛЗ1	Казакова Наталия Анатольевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Червач Юрий Борисович	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Старикова Екатерина Васильевна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ефременков Егор Алексеевич	к.т.н.		

Томск – 2018 г.

## Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>Р2</b>	Применять глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
<b>Р3</b>	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
<b>Р4</b>	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
<b>Р5</b>	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания новых материалов в сложных и неопределенных условиях
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>Р11</b>	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
Отделение школы (НОЦ) Материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
3-8ЛЗ1	Казаковой Наталие Анатольевне

Тема работы:

Анализ и совершенствование технологического процесса изготовления детали "Держатель МП-ЗАКс"	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	-Чертеж детали; -Годовая программа выпуска.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	-Аналитический обзор научно-технической литературы; -Определение типа производства, форм и методов организации работ; -Анализ технологичности конструкции детали; -Выбор заготовки; -Разработка маршрута обработки детали; -Размерный анализ техпроцесса; -Выбор оборудования; -Расчет и назначение режимов обработки; -Нормирование технологического процесса; -Конструирование приспособления.
<b>Перечень графического материала</b>	-Чертеж детали; -Чертеж приспособления
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Технологический	Червач Юрий Борисович
Конструктоский	Червач Юрий Борисович

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старикова Екатерина Васильевна
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Червач Юрий Борисович	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8ЛЗ1	Казакова Наталия Анатольевна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 175 с., 35 рис., 12 табл., 15 источников, 5 приложений.

Объектом изучения является технология изготовления детали «Держатель».

Держатель – это деталь, входящая в сборку узла держателя прибора манометра МП-3АКс, предназначенного для измерения избыточного давления углеводородного газа и водогазонефтяной эмульсии с содержанием сероводорода и углекислого газа.

Цель работы: анализ и совершенствование технологического процесса изготовления детали «Держатель»; назначение режимов резания и инструмента для обработки детали; проектирование приспособления для изготовления детали «Держатель».

В результате изучения рассчитаны технологические размеры; даны рекомендации по выбору режимов резания, инструмента и оборудования.

При усовершенствовании технологического процесса было выполнено: выбраны базы и схемы установки; разработана маршрутная и операционная технология; определены технологические допуски, припуски на операционные размеры; выбрано нужное оборудование с ЧПУ, приспособления и инструмент для обработки детали; рассчитаны режимы резания, и основные нормы.

## Оглавление

1. Технологическая часть .....	9
1.1 Техническое задание .....	9
1.2 Анализ технологичности конструкции детали .....	10
1.3 Определение типа производства .....	11
1.4 Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления .....	15
1.5 Проектирование технологического процесса изготовления детали «Держатель» .....	14
1.6 Расчет припусков и технологических размеров .....	23
1.7 Расчет диаметральных технологических размеров. ....	27
1.8 Расчет продольных технологических размеров .....	32
1.9 Выбор технического оснащения .....	40
1.10 Расчет и назначение режимов резания .....	44
1.11. Расчет основного времени для каждой операции и перехода.....	110
1.12. Определение штучно-калькуляционного времени .....	115
2. Конструкторская часть .....	117
2.1 Анализ исходных данных и разработка технического задания на проектирование станочного приспособления. ....	117
2.2 Разработка расчетной схемы .....	118
2.3 Определение необходимой силы зажима .....	120
2.4 Разработка технических требований на изготовление и сборку приспособления .....	122
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	123
3.1 Оценка коммерческого потенциала.....	124
3.2 Анализ конкурентных технических решений.....	125
3.3 Определение эффективности исследования.....	147
4. Социальная ответственность .....	152
4.1 Производственная безопасность .....	153
4.1.1 Микроклимат .....	154
4.1.2 Производственная санитария .....	155
4.1.3 Недостаточная освещённость.....	157
4.1.4 Расчёт искусственного освещения.....	157
4.1.5 Повышенный уровень шума.....	160
4.1.6 Шум.....	161
4.1.7 Некомфортабельные условия. ....	162
4.2 Опасные факторы.....	162
4.2.1 Поражение электрическим током.....	163
4.2.2 СОЖ.....	164
4.2.3 Стружка.....	165
4.2.4 Вращающиеся части станков.....	165
4.2.5 Слабое и ненадежное крепление инструмента.....	165
4.3 Пожарная безопасность.....	166
4.4 Экологическая безопасность. ....	168
4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. ....	170
4.6 Перечень нормативно-технических документов.....	172

Заключение.....	174
Список литературы .....	175

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие технологии механической обработки сборки и ее направленность, обуславливаются стоящими перед машиностроительной промышленностью задачами совершенствования технологических процессов; изысканиями и изучением новых методов производства; дальнейшего развития и внедрения комплексной механизации и автоматизации производственных процессов на базе достижений науки и техники, обеспечивающих наиболее высокую производительность труда при надлежащем качестве и наименьшей себестоимости выпускаемой продукции.

Решение сложных проектных задач возможно лишь на основе наиболее полного использования возможностей прогрессивного технологического оборудования и оснастки, максимальной экономически оправданной степени автоматизации проектирования и производства, создания гибких технологий.

Развитие машиностроительного производства неразрывно связано с техническим перевооружением и модернизацией средств производства на базе применения новейших достижений науки и техники. Техническое переоснащение, изготовление новых видов продукции машиностроения и модернизация средств производства включают процессы разработки средств технологического оснащения и их изготовления.



## **1. Технологическая часть.**

### **1.1. Техническое задание.**

Анализ и совершенствование технологического процесса изготовления детали «Держатель МПЗА-Кс».

Чертёж детали представлен в приложении 1.

## 1.2. Анализ чертежа детали «Держатель».

Чертёж детали содержит все необходимые виды и разрезы, которые дают однозначное представление о форме и размерах детали. Требования и размеры чертежа охватывают все формообразующие поверхности с указанием допусков на изготовление.

Предъявлены сравнительно невысокие требования к точности размеров (14 квалитет) и шероховатости поверхностей (до Ra 6,3) детали. Большинство размеров, заданных на чертеже можно измерить непосредственно, но есть и исключения. К таким исключениям относятся межосевые расстояния отверстий.

К недостаткам чертежа можно отнести не точно указанную глубину нарезания резьбы М4-7Н, а также отсутствие допусков на угловые размеры.

Анализ технологичности конструкции детали.

Данная деталь «Держатель» представляет собой тело вращения. Расположение цилиндрических и торцовых поверхностей взаимно перпендикулярно. Присутствуют фаски. По цилиндрической поверхности имеется два сквозных резьбовых отверстия диаметром 3 мм. На торцевых детали есть два отверстия диаметром 6 и 3 мм.

Ко всем поверхностям предъявлено требование по шероховатости Ra 6,3.

Деталь изготавливается из стали марки 10X17H13M2T, предъявлены требования по прочности 25...30 HRC.

Для обработки детали достаточно использовать токарную, сверлильную и фрезерную операции.

Деталь является достаточно жесткой и имеет простую конструкцию. Обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям. Деталь имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз.

Форма детали позволяет использовать прутки в качестве заготовки.

Прутковая заготовка позволяет вести обработку в универсальном станковом самоцентрирующем патроне.

С учетом вышесказанного конструкция детали является технологичной.

### 1.3.Определение типа производства.

В машиностроении различают три основных типа производства: массовое, серийное, единичное. В свою очередь серийное производство подразделяется на: крупносерийное, среднесерийное, мелкосерийное.

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций, который показывает число различных операций, закреплённых в среднем по цеху (участку) за каждым рабочим местом в течение месяца. Тип производства по ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операций  $K_{з.о}$ , который показывает отношение всех различных технологических операций, определяем по формуле [9, стр. 19]:

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле:

$$K_{з.о} = \frac{t_{в}}{T_{ср}}$$

где  $t_{в}$  – такт выпуска детали, мин.;

$T_{ср}$  – среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_{в} = \frac{F_{г}}{N_{г}},$$

где  $F_{г}$  – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

$N_{г}$  – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по табл.5 [1,стр.23] при двухсменном режиме работы:  $F_{г} = 4015$  ч.

Тогда

$$t_{в} = \frac{F_{г}}{N_{г}} = \frac{4015 \times 60}{8400} = 28.6 \text{ мин};$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к i}}{n},$$

где  $T_{ш.к.i}$  – штучно – калькуляционное время  $i$ - ой основной операции, мин.;  
 $n$  – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 3-и операции ( $n=3$ ): одна токарная и две фрезерные операции (см. операционную карту).

Штучно – калькуляционное время  $i$ - ой основной операции определяем по рекомендациям приложения 1 [1,стр.173]:

$$T_{ш.к.i} = \varphi_{к.i} * T_{о.i},$$

где  $\varphi_{к.i}$  – коэффициент  $i$ - ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства;

$T_{о.i}$  – основное технологическое время  $i$ - ой операции, мин.

Для первой операции (токарной):  $\varphi_{к.1} = \varphi_{к.2} = 1,98$ ;

Для двух фрезерных:  $\varphi_{к.3} = 1,51$ .

Основное технологическое время токарной с ЧПУ операции:

$$T_{ш.к.1} = 1,529 \cdot 1,98 = 3,027 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время первой фрезерной с ЧПУ операции:

$$T_{ш.к.2} = 1,457 \cdot 1,51 = 2,2 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для второй фрезерной операции:

$$T_{ш.к.3} = 1,081 \cdot 1,51 = 1,632 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение всех операций ТП определяем по формуле:

$$T_{ср} = \frac{\sum T_{ш.к.i}}{n} = \frac{T_{ш.к.1} + T_{ш.к.2} + T_{ш.к.3}}{3} = \frac{3,027 + 2,2 + 1,632}{3} = 2,286 \text{ мин.}$$

Тип производства определяем по формуле:

$$K_{з.о} = \frac{t_{в}}{T_{ср}} = \frac{28,6}{2,289} = 12,49 \text{ мин.}$$

Так как  $10 < K_{з.о} = 12,49 < 20$ , то тип производства среднесерийное.

Среднесерийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим объемом выпуска. На предприятиях данного производства значительная часть оборудования состоит из

универсальных станков, оснащенных специальными, универсально - наладочными и универсально - сборными приспособлениями.

Это позволяет снизить трудоёмкость и удешевить производство. В условиях среднесерийного производства представляется возможным расположить оборудование в последовательности технологического процесса для одной или нескольких деталей, требующих одинакового порядка обработки. При небольшой трудоёмкости обработки или недостаточно большой программе выпуска изделий целесообразно обрабатывать заготовки партиями, с последовательным выполнением операций.

Время обработки на различных станках не согласовывается.

Заготовки во время работы хранят у станков, а затем транспортируют целой партией.

В среднесерийном производстве оборудование располагают по ходу технологического процесса. Обработку производят партиями, заготовки каждой партии могут немного отличаться размерами или конфигурацией, но допускают обработку на одном и том же оборудовании. В этом случае время обработки на данном станке согласовывается со временем обработки на последующем станке, движение заготовок данной партии осуществляется непрерывно. Для перехода к обработке партий других деталей переналаживают оборудование и технологическую оснастку.

#### 1.4.Выбор исходной заготовки и методов её изготовления.

С учетом технологических свойств материала детали (материал детали сталь 10X17H13M2T), её габаритов и массы, требований к механическим свойствам (особых требований нет), а также типом производства (среднесерийное) выбираем в качестве исходной заготовки – прокат стальной горячекатаный, рисунок 1.

Предельные отклонения по диаметру проката стального горячекатаного для диаметра проката Ø30 при обычной точности  $es=+0,3$ ;  $ei=-0,7$

Круг 30 ГОСТ 2590-2006

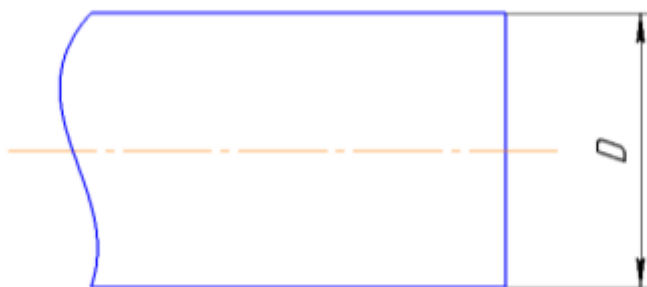


Рисунок 1

Таблица 1 - Химический состав в % [ГОСТ 5632](#) – 72

Сталь	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	Cu
10X17H13M2T	<0.1	<0.8	<2	12 - 14	<0.02	<0.035	16 - 18	2 - 3	<0.3

Таблица 2 - Механические свойства стали ГОСТ 5949-75

Сталь	$\sigma_B$ , Н/мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм	$\delta$ , %
10X17H13M2T	510	215	55

Удельный вес: 7950 кг/м<sup>3</sup>

Термообработка: Закалка 1050 - 1100°C, вода

Температура ковки, °C: начала 1180, конца 850. Сечения до 300 мм охлаждаются на воздухе

Твердость материала: HB 10<sup>-1</sup> = 200 МПа

Свариваемость материала: без ограничений

#### 1.4.1 Расчет получения заготовки

Выбираем заготовку сортовой круглый прокат нормальной точности по ГОСТу 21488-97  $\varnothing 30^{+0,3}_{-0,7}$  мм и длиной 63,5<sub>-0,5</sub> мм.

Масса заготовки из круглого проката  $Q_{\text{пр}}$ , кг определяем по формуле :

$$Q_{\text{пр}} = \rho \cdot V, (7)$$

где  $\rho = 7950 \cdot 10^{-6}$  кг/мм<sup>3</sup> – плотность материала;

$V$  – объем прутка, мм<sup>3</sup> находим по формуле:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot L, (8)$$

где  $R$  – радиус прутка, мм;

$L$  – длина заготовки, мм.

Тогда,

$$V = 3,14 \cdot 225 \cdot 63,5 = 44862 \text{ мм}^3.$$

$$Q_{\text{пр}} = 7950 \cdot 10^{-6} \cdot 44862 = 0,357 \text{ кг}.$$

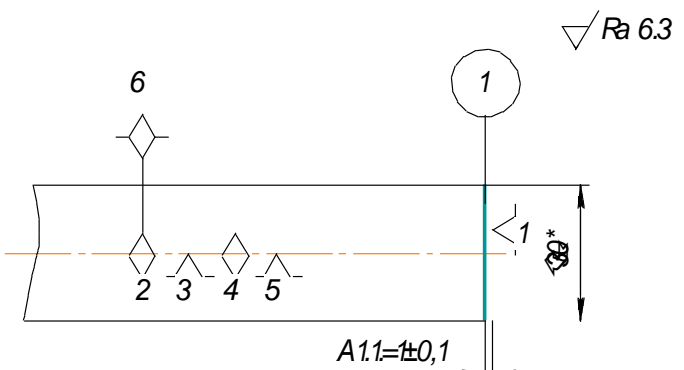
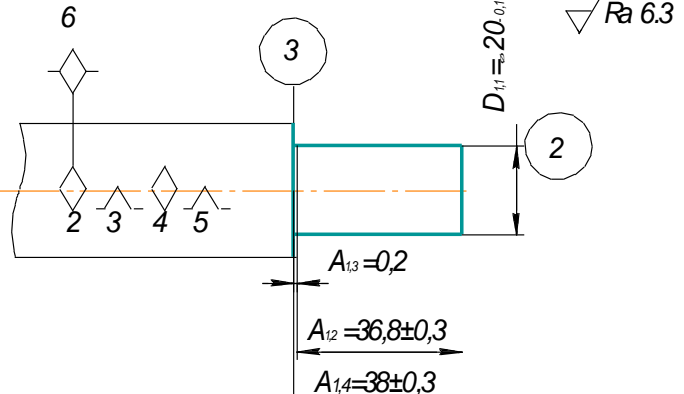
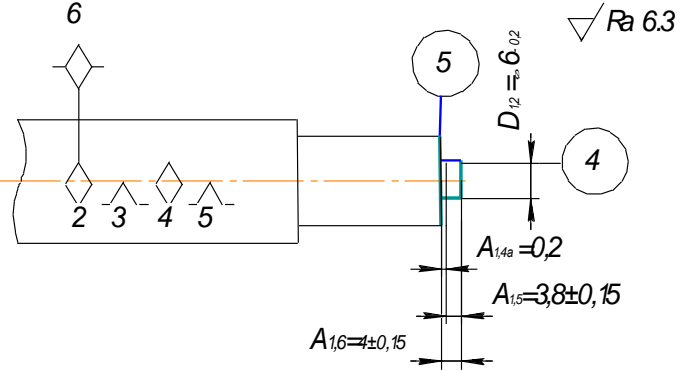
Коэффициент полезного использования материала:

$$K_{\text{им}}^{\text{пр}} = \frac{m_{\text{д}}}{Q_{\text{пр}}}, (9)$$

где  $m_{\text{д}}$  – масса детали, кг.

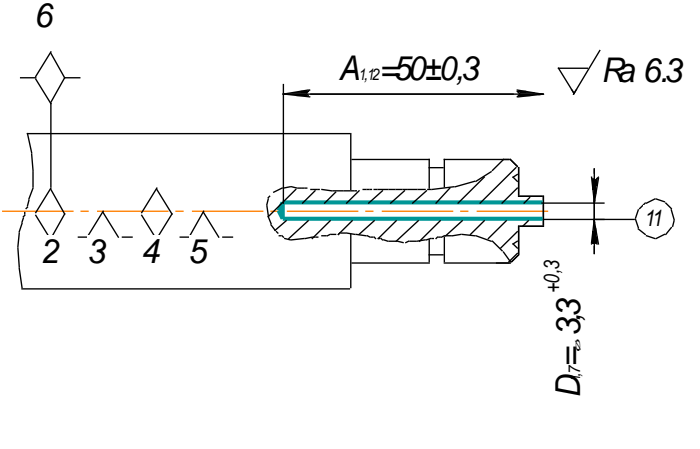
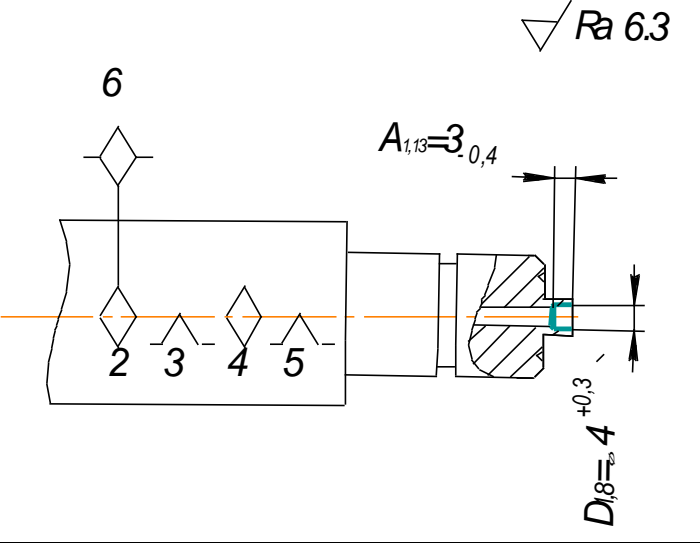
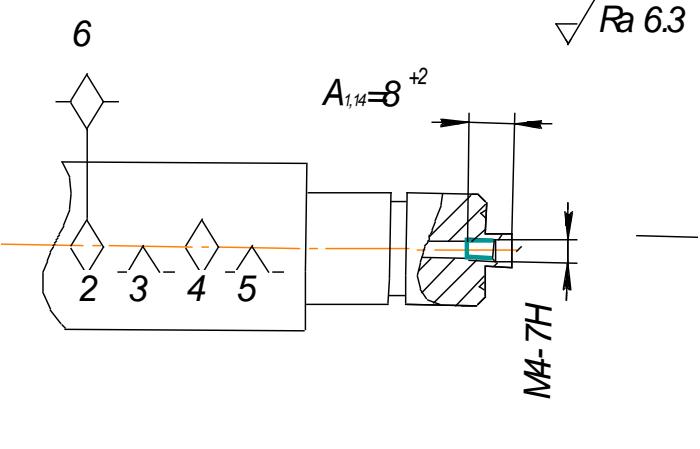
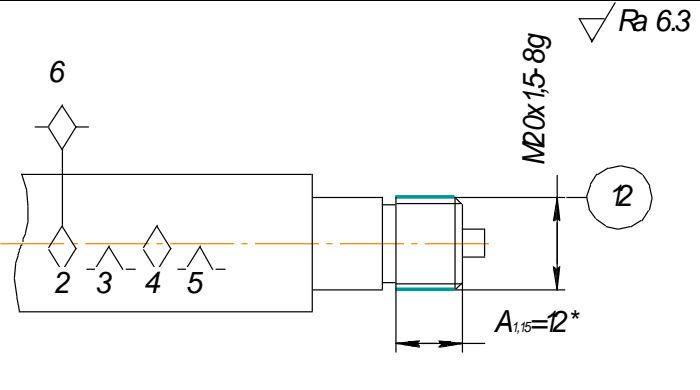
$$\text{Тогда, } K_{\text{им}}^{\text{пр}} = \frac{0,26}{0,357} = 0,7$$

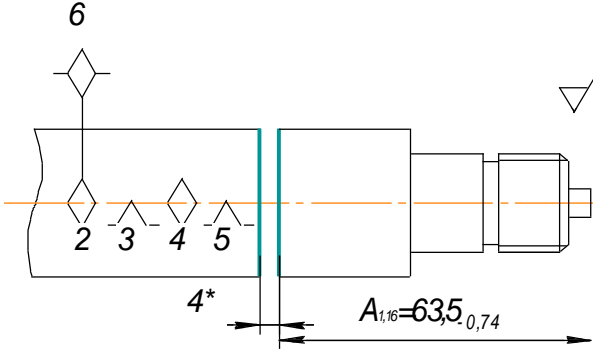
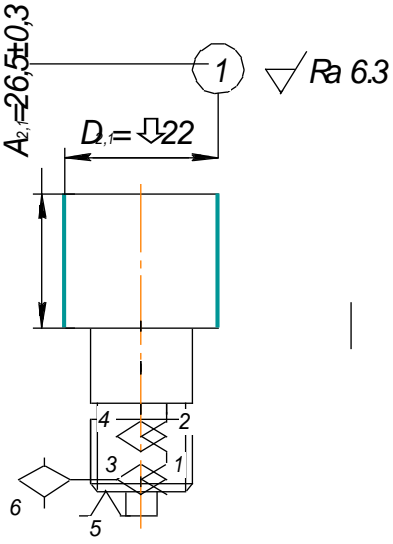
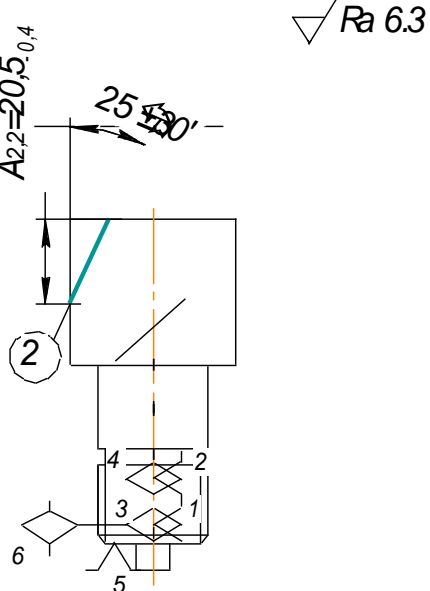
Таблица 3- Маршрутная технология

номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	1	<b>Токарная с ЧПУ</b> Установить и снять заготовку Подрезать торец 1, выдерживая размер $A_{1.1}$	
	2	<b>Обточить</b> поверхности 2 и подрезать торец 3, выдерживая размеры $A_{1.2}$ ; $A_{1.3}$ ; $A_{1.4}$ и $D_{1.1}$	
	3	<b>Обточить</b> поверхность 4 и подрезать торец 5, выдерживая размеры $A_{1.5}$ ; $A_{1.6}$ и $D_{1.2}$	



1	4	Обточить поверхность 6 и фаску 7 (1,6X45°), выдерживая размеры $A_{1.7}$ и $D_{1.3}$	
	5	Обточить канавку 8 и фаску 1,6X45°, выдерживая размер $A_{1.8}$ ; $A_{1.9}$ и $D_{1.4}$	
	6	Обточить канавку 10, выдерживая размеры $A_{1.10}$ и $D_{1.5}$ и угол 90°	
	7	Центровать отверстие 11, выдерживая размеры $A_{1.11}$ и $D_{1.6}$ и угол	

1	8	Сверлить отверстие 11, выдерживая размеры $A_{1.12}$ и $D_{1.7}$	
	9	Рассверлить 11 отверстие, выдерживая размеры $A_{1.13}$ и $D_{1.8}$	
	10	Нарезать резьбу (М4-7Н), выдерживая размер $A_{1.14}$	
	11	Нарезать резьбу (М20х1,5-8g), выдерживая размер $A_{1.15}$	

1	<p>12</p> <p>Отрезать заготовку, выдерживая размер <math>A_{1.16}</math></p>	 <p>6</p> <p><math>\nabla Ra\ 6.3</math></p> <p><math>A_{1.16} = 635_{-0.74}^{+0.74}</math></p> <p>4*</p> <p>2 3 4 5</p>
2	<p>1</p> <p><b>Фрезерная с ЧПУ</b> Установить и снять заготовку Фрезеровать поверхность 1, выдерживая размеры <math>A_{2.1}</math> и <math>D_{2.1}</math></p>	 <p>1</p> <p><math>\nabla Ra\ 6.3</math></p> <p><math>A_{2.1} = 26.5_{-0.3}^{+0.3}</math></p> <p><math>D_{2.1} = 22</math></p> <p>4 2 3 1 6 5</p>
	<p>2</p> <p>Фрезеровать поверхность 2, выдерживая размеры <math>A_{2.2}</math> и угол <math>25^\circ \pm 30'</math></p>	 <p><math>\nabla Ra\ 6.3</math></p> <p><math>A_{2.2} = 20.5_{-0.4}^{+0.4}</math></p> <p><math>25_{-30'}^{+30'}</math></p> <p>2</p> <p>4 2 3 1 6 5</p>

2	3	Фрезеровать поверхность 3, выдерживая размеры $A_{2,3}$ и угол $60^{\circ} \pm 30'$	
	4	Фрезеровать поверхность 4, выдерживая размеры $A_{2,4}$ и $D_{2,2}$	
	5	Центровать отверстие 5, выдерживая размеры $A_{2,5}$ и $D_{2,3}$	

2	6	Сверлить отверстие 5, выдерживая размеры $A_{2.6}$ и $D_{2.4}$	
	7	Фрезеровать поверхность 6, выдерживая размеры $A_{2.7}$ и $D_{2.5}$	
	8	Центровать отверстие 7, выдерживая размеры $A_{2.8}$ ; $A_{2.9}$ и $D_{2.6}$	

2	9	Сверлить отверстие 7, выдерживая размеры $A_{2.9}$ ; $A_{2.10}$ и $D_{2.7}$	
	10	Центровать отверстия 8 и 9, выдерживая размеры $A_{2.11}$ ; $A_{2.12}$ ; $A_{2.13}$ ; $A_{2.14}$ и $D_{2.8}$	
	11	Сверлить отверстия 8 и 9 на проход, выдерживая размер $D_{2.9}$	
	12	Зенковать отверстия 8 и 9, выдерживая размеры $A_{2.15}$ и $D_{2.10}$	

	13	Нарезать резьбу М4-7Н, выдерживая размер $A_{2.16}$	
	14	Нарезать резьбу М4-7Н, выдерживая размер $A_{2.16}$	
3	1	<b>Фрезерная</b> Установить и снять заготовку Фрезеровать поверхность 1, выдерживая размеры $A_{3.1}$ и $D_{3.1}$	
	2	Фрезеровать поверхность 2, выдерживая размеры $A_{3.2}$ и $A_{3.3}$	

## 1.6. Расчёт припусков и технологических размеров.

Минимальный припуск должен быть таким, чтобы его удаление было достаточно для обеспечения требуемой точности и качества поверхностного слоя, обработанной поверхности детали.

Минимальный припуск на обработку плоскости определяется по формуле:

$$z_i^{\min} = R_{z\ i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}$$

где  $R_{z\ i-1}$  – шероховатость поверхности на предшествующем переходе или операции, мкм;

$h_{i-1}$  – толщина дефектного поверхностного слоя полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

$\rho_{i-1}$  – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

$\varepsilon_{yi}$  – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Погрешность установке на выполняемом переходе  $\varepsilon_{yi}$  определяем по формуле:

$$\varepsilon_{yi} = \sqrt{\varepsilon_{6i}^2 + \varepsilon_{3i}^2},$$

где  $\varepsilon_{6i}, \varepsilon_{3i}$  – соответственно погрешности базирования и закрепления на этом переходе.

В данном случае погрешность базирования заготовки в радиальном направлении  $\varepsilon_{6i} = 0$ . Значит  $\varepsilon_{yi} = \varepsilon_{3i}$  (табличное значение).

Все параметры составляющие величину припусков выбираем из соответствующих таблиц.

Для определения минимальных припусков первоначально составляем размерные схемы для линейных размеров.



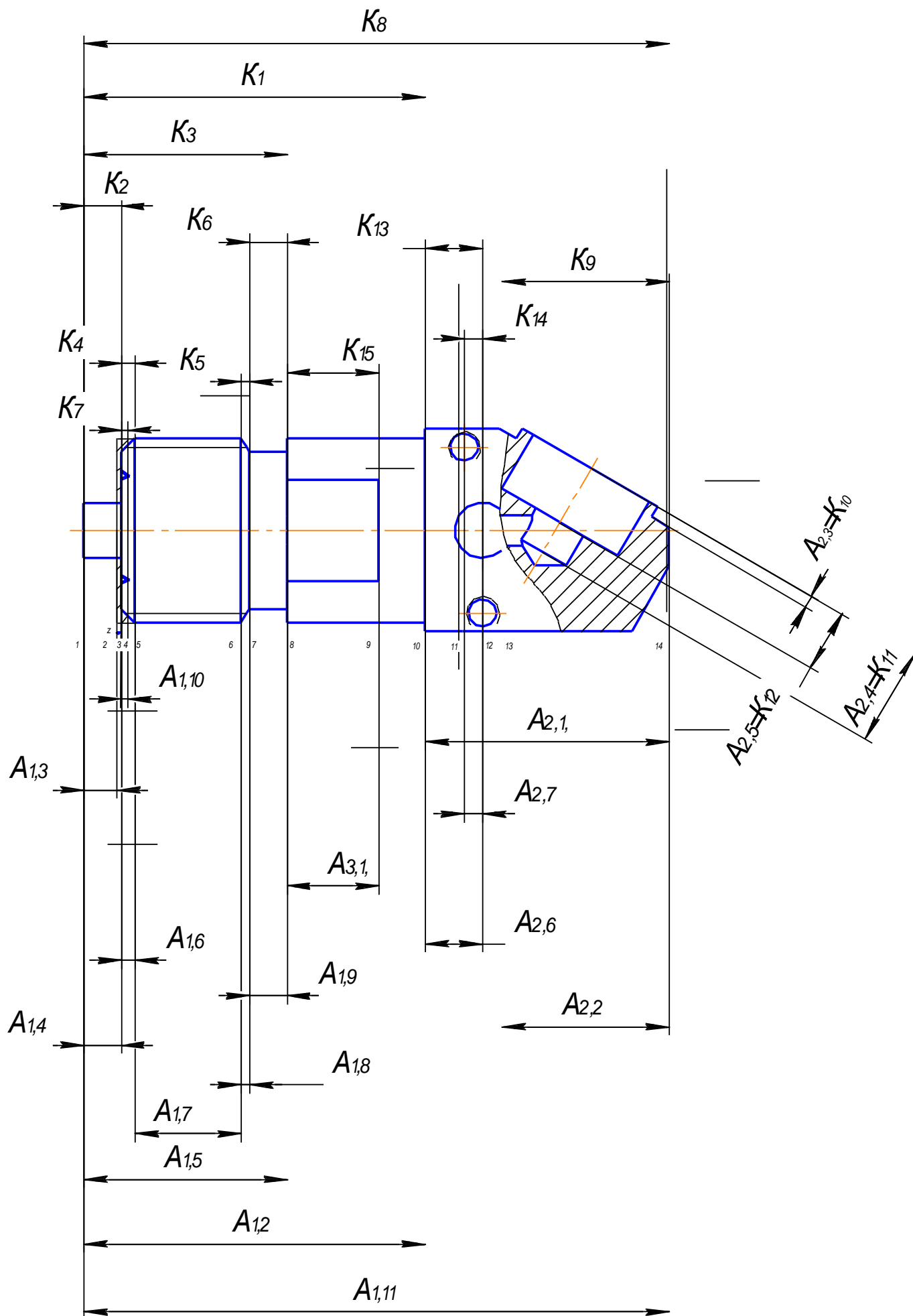


Рисунок 2 Размерная схема технологического процесса изготовления держателя

(продольное направление)

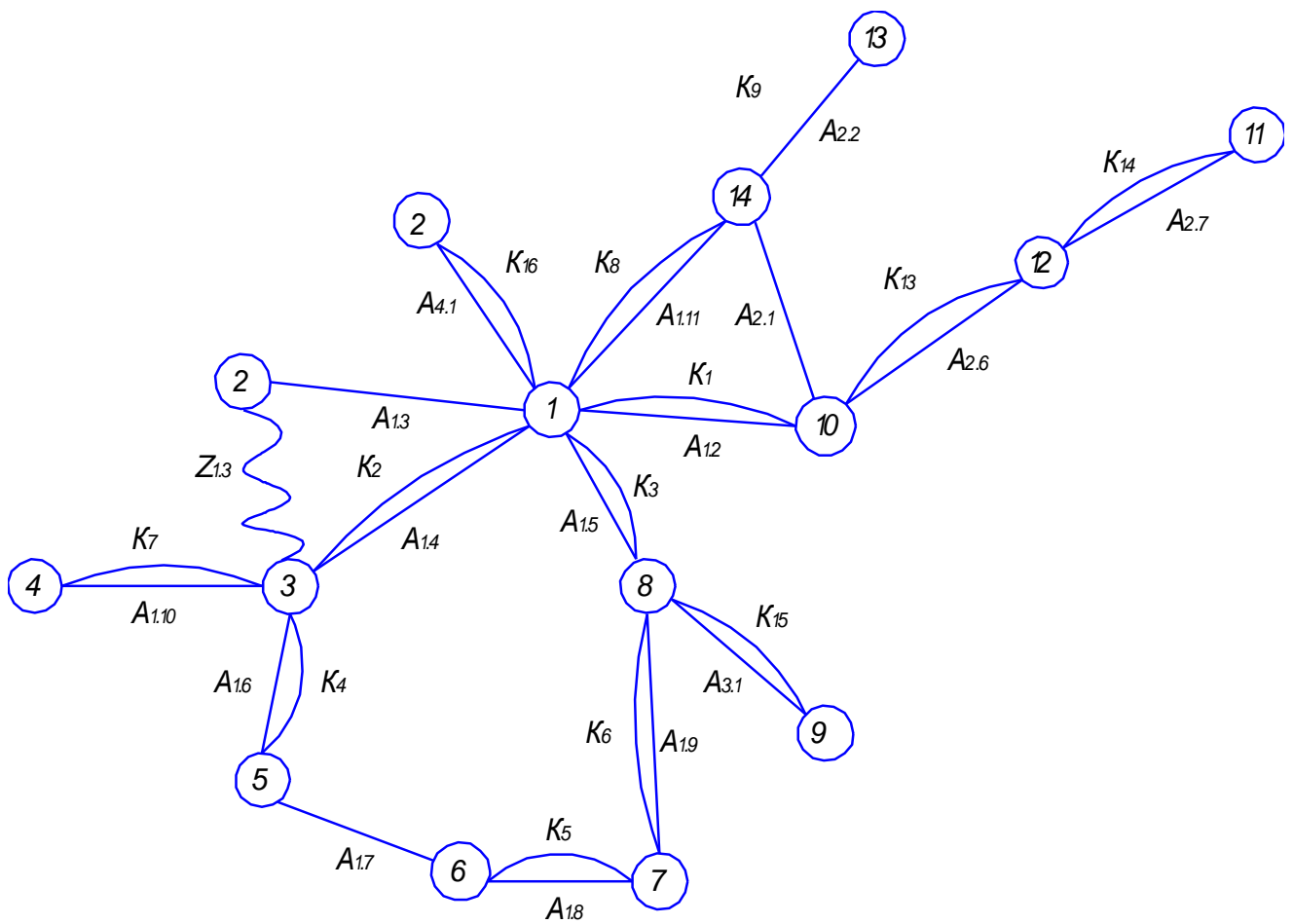


Рисунок 3 Граф технологических размерных цепей

### 1.6.1. Расчет припусков на линейные технологические размеры.

Таблица 4 Расчет продольных припусков на обработку

Припуск	Rz	h	$\rho$	$\varepsilon$	Z <sub>min</sub> , мкм
Z <sub>1.3.</sub>	80	100	120	0	200

$\varepsilon_6 = 0$  при установке в самоцентрирующем патроне

Продольные припуски

$$z_{1.3}^{min} = 80 + 100 + 120 = 200 \text{ мкм} = 0,2 \text{ мм}$$

### 1.6.2. Расчёт технологических размеров

В технологических размерных цепях составляющими звеньями является технологические размеры, которые указаны в технологической документации (размеры исходной заготовки; все размеры, получаемые при механической обработке). Технологические размеры могут совпадать с размерами указанными на чертеже, т.е. с конструкторскими размерами. В таком случае говорят, что конструкторские размеры выдерживаются непосредственно.

Если технологический размер не совпадает с конструкторским, необходимо выявить размерную цепь, в которую входит рассматриваемый конструкторский размер и технологические размеры, необходимые для его выполнения. В этом случае замыкающими звеньями в технологических размерных цепях являются конструкторские размеры, но могут быть и припуски на обработку. Мы последовательно рассматриваем размерные цепи с одним неизвестным технологическим размером и рассчитываем номинальный размер и отклонения этого звена.

Расчет технологических размеров может выполняться методом максимума-минимума и вероятностным методом. Метод максимума-минимума рекомендуется использовать для технологических размерных цепей с числом составляющих звеньев  $n + p \leq 3$ , вероятностный метод – при  $n + p \geq 4$ .

При расчете методом максимума-минимума условие обеспечения точности конструкторского размера записывается в виде

$$TK \geq \sum_{i=1}^{n+p} TA_i$$

При расчете вероятностном методом это условие принимает вид

$$TK \geq \sqrt{\sum_{i=1}^{n+p} (TA_i)^2}.$$

Сначала, как правило, рассчитываются диаметральные, а затем – продольные технологические размеры. Такой порядок расчета продиктован тем, что обработка поверхностей вращения может сопровождаться изменением продольных размеров заготовки.

#### 1.7 Расчет диаметральных технологических размеров.

1) Конструкторский размер  $K_{17}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $D_{1,1}$

Для размера  $D_{1,1}$  (см. рис.4)

$$D_{1,1}=K_{17}=22_{-0,2}$$

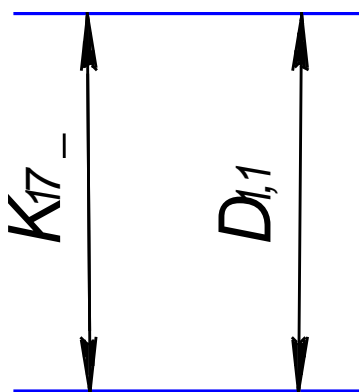


Рисунок 4

2) Конструкторский размер  $K_{18}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $D_{1,2}$

Для размера  $D_{1,2}$  (см. рис.5)

$$D_{1,2}=K_{18}=19,85_{-0,2}$$

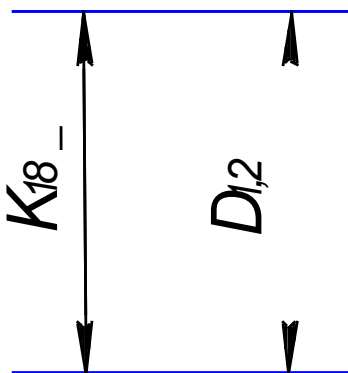


Рисунок 5

3) Конструкторский размер  $K_{19}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $D_{1,3}$

Для размера  $D_{1,3}$  (см. рис.6)

$$D_{1,3}=K_{19}=6_{-0,2}$$

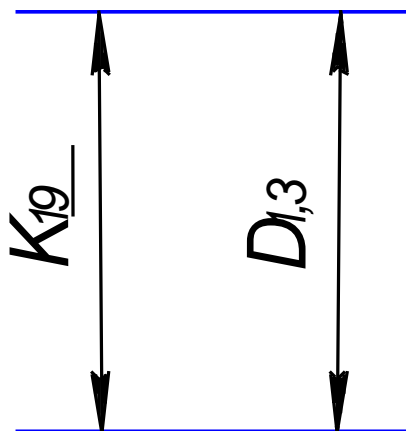


Рисунок 6

4) Конструкторский размер  $K_{20}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $D_{1,4}$

Для размера  $D_{1,4}$  (см. рис.7)

$$D_{1,4}=K_{20}=17_{-0,43}$$

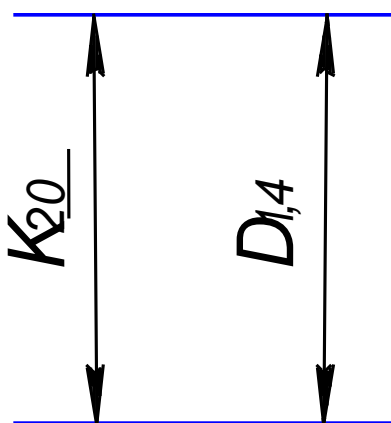


Рисунок 7

5) Конструкторский размер  $K_{21}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $D_{1,5}$

Для размера  $D_{1,5}$  (см. рис.8)

$$D_{1,5}=K_{21}=13^{+0,2}$$

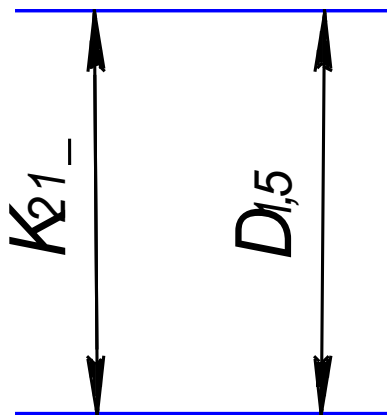


Рисунок 8

6) Конструкторский размер  $K_{22}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $D_{1,6}$

Для размера  $D_{1,6}$  (см. рис.9)

$$D_{1,6}=K_{22}=3,3^{+0,3}$$

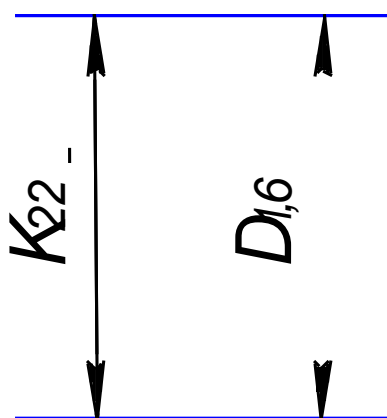


Рисунок 9

7) Конструкторский размер  $K_{23}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $D_{2,1}$

Для размера  $D_{2,1}$  (см. рис.10)

$$D_{2,1}=K_{23}=17_{-0,43}$$

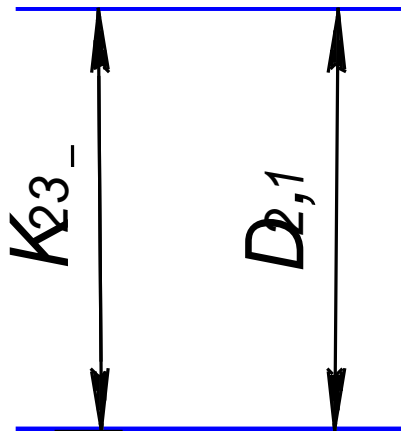


Рисунок 10

8) Конструкторский размер  $K_{24}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $D_{2.2}$

Для размера  $D_{2.2}$  (см. рис.11)

$$D_{2.2}=K_{24}=6^{+0,36}$$

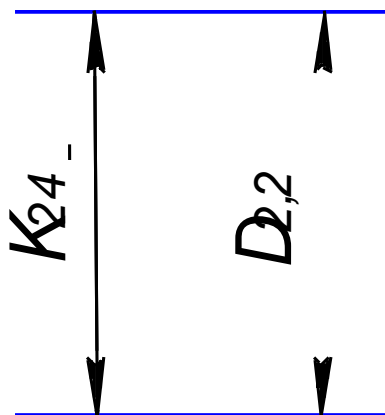


Рисунок 11

9) Конструкторский размер  $K_{25}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $D_{2.3}$

Для размера  $D_{2.3}$  (см. рис.12)

$$D_{2.3}=K_{25}=14,5^{+0,43}$$

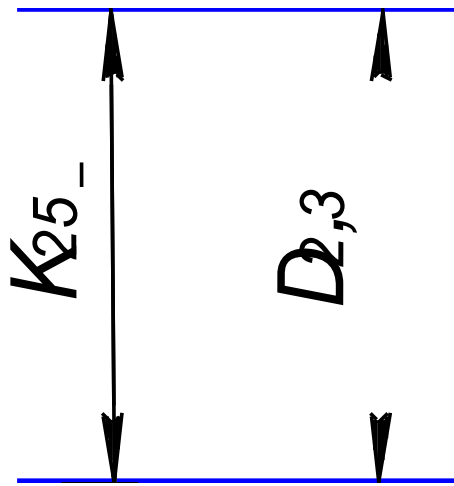


Рисунок 12

10) Конструкторский размер  $K_{26}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $D_{4,1}$

Для размера  $D_{4,1}$  (см. рис.13)

$$D_{4,1}=K_{26}=4^{+0,15}_{-0}$$

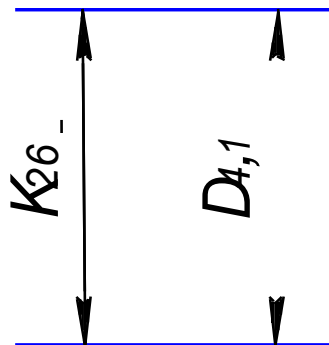


Рисунок 13



## 1.8 Расчет продольных технологических размеров.

1) Конструкторский размер  $K_1$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $A_{1,2}$

Для размера  $A_{1,2}$  (см. рис. 14.)

$$A_{1,2}=K_1=38\pm 0,3$$

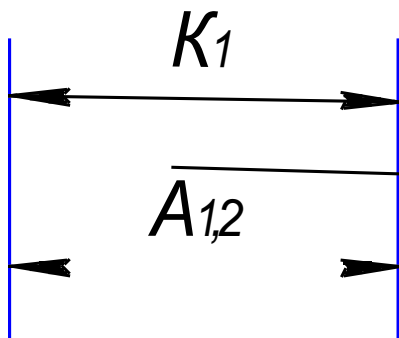


Рисунок 14

2. Определим технологический размер  $A_{1,3}$  (рис. 15), замыкающим звеном является конструкторский размер  $K_2$ , необходимо, чтобы соблюдалось условие:

$$TK_2 \geq \sqrt{TA_{1,3}^2 + Z_{1,3}^c} \quad 0,3 \geq \sqrt{0,15^2 + 0,15^2}$$

$$K_2=4\pm 0,15$$

$$K_2^c = A_{1,3}^c + Z_{1,3}^c$$

$$A_{1,3}^c = K_2^c - Z_{1,3}^c$$

$$A_{1,3}^c = 4 - 0,2 = 3,8$$

$$A_{1,3} = 3,8\pm 0,075$$

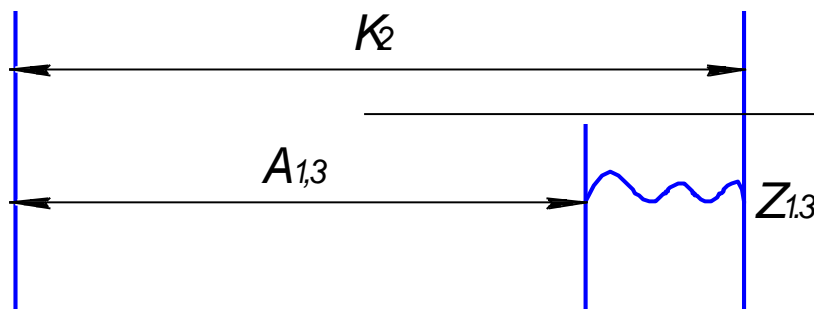


Рисунок 15

3) Конструкторский размер  $K_2$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $A_{1,4}$

Для размера  $A_{1,4}$  (см. рис. 16.)

$$A_{1,4}=K_2=4\pm 0,15$$

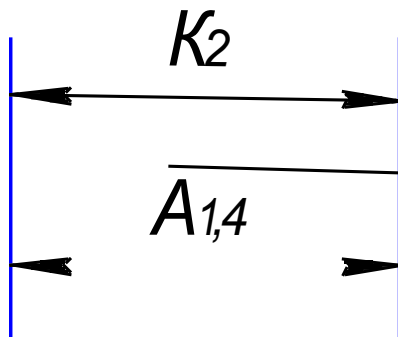


Рисунок 16

4) Конструкторский размер  $K_3$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $A_{1,4}$

Для размера  $A_{1,5}$  (см. рис. 17.)

$$A_{1,5}=K_3=22\pm 0,25$$

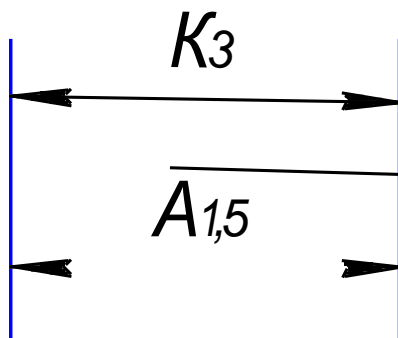


Рисунок 17

5) Конструкторский размер  $K_4$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $A_{1,6}$

Для размера  $A_{1,6}$  (см. рис. 18.)

$$A_{1,6}=K_4=1,6\pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ$$

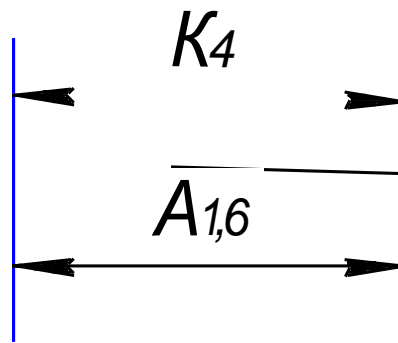


Рисунок 18

6) Определим технологический размер  $A_{1,7}$  (рис. 19)

$$A_{1,7} = A_{1,5} - (A_{1,4} + A_{1,6} + A_{1,8} + A_{1,9}) = 22 \pm 0,25 - (4 \pm 0,15 + 1 \pm 0,5 + 1 \pm 0,5 + 4 \pm 0,3) = 12 \pm 1,4$$

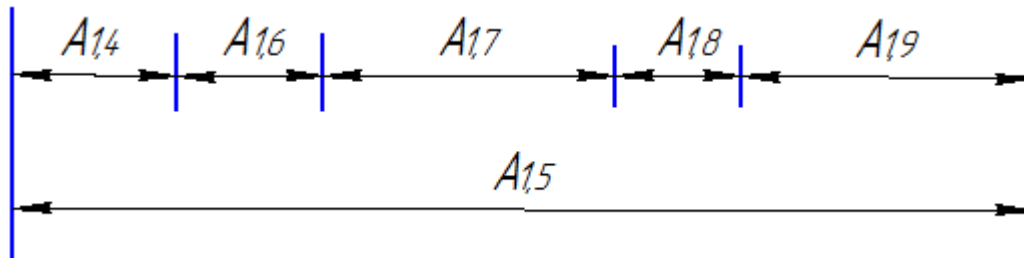


Рисунок 19

7) Конструкторский размер  $K_5$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $A_{1,8}$

Для размера  $A_{1,8}$  (см. рис. 20.)

$$A_{1,8} = K_5 = 0,5 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ$$

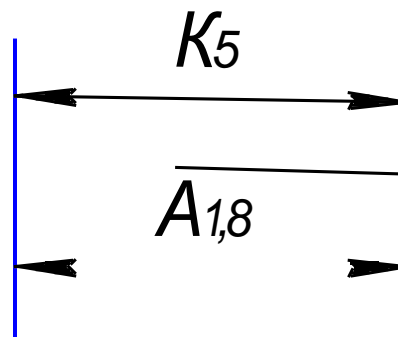


Рисунок 20

8) Конструкторский размер  $K_6$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $A_{1,9}$

Для размера  $A_{1,9}$  (см. рис. 21)

$$A_{1,9}=K_6=4^{+0,3}$$

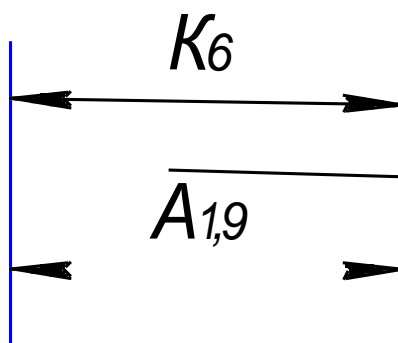


Рисунок 21

9) Конструкторский размер  $K_7$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $A_{1,10}$

Для размера  $A_{1,10}$  (см. рис. 22)

$$A_{1,10}=K_7=0,5^{+0,3}$$

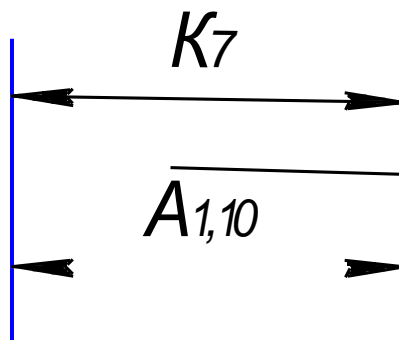


Рисунок 22

10) Конструкторский размер  $K_8$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $A_{1,11}$

Для размера  $A_{1,11}$  (см. рис. 23)

$$A_{1,11}=K_8=63,5_{-0,5}$$

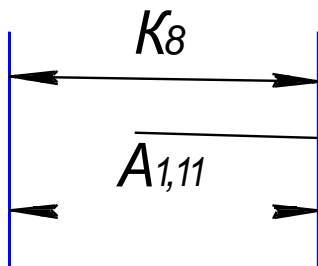


Рисунок 23

11) Определим технологический размер  $A_{2,1}$  (рис. 24) , замыкающим звеном является конструкторский размер  $K_8$ , необходимо, чтобы соблюдалось условие:

$$TK_8 \geq \sqrt{TA_{1,2}^2 + TA_{2,1}^2} \quad 0,74 \geq \sqrt{0,3^2 + 0,3^2}$$

$$K_8 = 37_{-0,74}$$

$$K_8^c = A_{1,2}^c + A_{2,1}^c$$

$$A_{2,1}^c = K_8^c - A_{1,2}^c$$

$$A_{2,1}^c = 63,5 - 37 = 26,5$$

$$A_{2,1} = 26,5 \pm 0,15$$

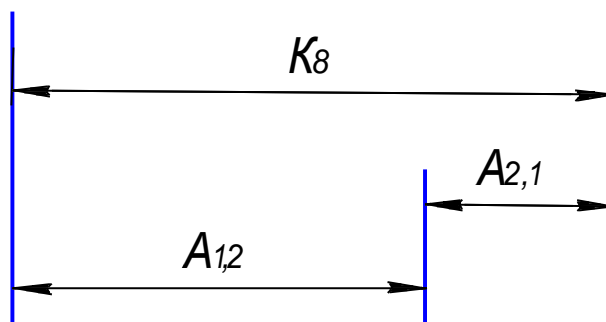


Рисунок 24

12) Конструкторский размер  $K_{9a}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $A_{2,2}$

Для размера  $A_{2,2}$  (см. рис.25)

$$A_{2,2} = K_9 = 20,5_{-0,4}$$

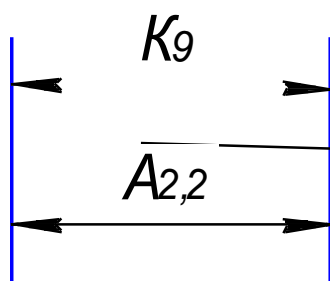


Рисунок 25

13) Конструкторский размер  $K_{10}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $A_{2,3}$

Для размера  $A_{2,4}$  (см. рис.26)

$$A_{2,3} = K_{10} = 1,3_{-0,3}$$

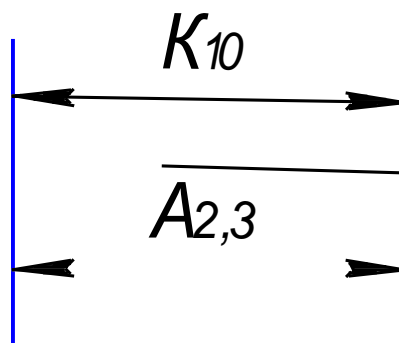


Рисунок 26

14) Конструкторский размер  $K_{11}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $A_{2,4}$   
 Для размера  $A_{2,5}$  (см. рис.27)  
 $A_{2,4} = K_{11} = 10,6 \pm 0,2$

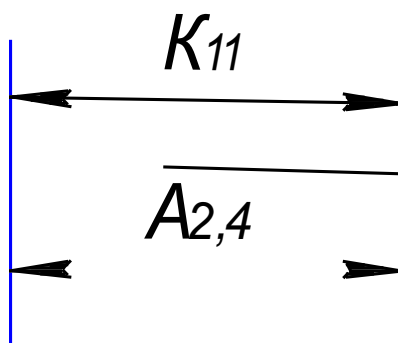


Рисунок 27

15) Конструкторский размер  $K_{12}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $A_{2,5}$   
 Для размера  $A_{2,6}$  (см. рис.28)  
 $A_{2,5} = K_{12} = 6,5 \pm 0,18$

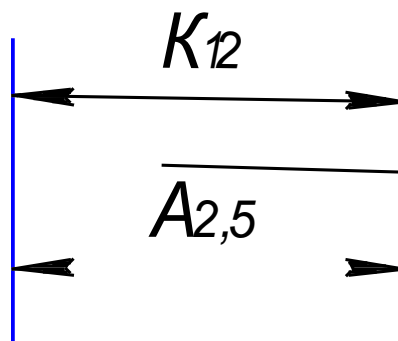


Рисунок 28

16) Конструкторский размер  $K_{13}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $A_{2,6}$   
 Для размера  $A_{2,7}$  (см. рис.29)  
 $A_{2,6}=K_{13}=8^{+0,6}$

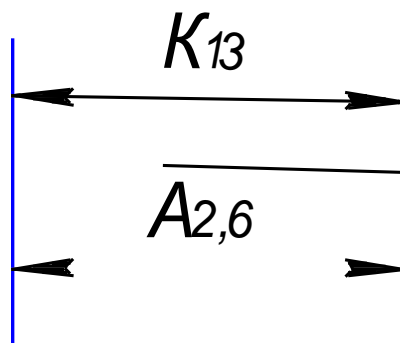


Рисунок 29

17) Конструкторский размер  $K_{14}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $A_{2,7}$   
 Для размера  $A_{2,8}$  (см. рис.30)  
 $A_{2,7}=K_{14}=2^{+0,125}$

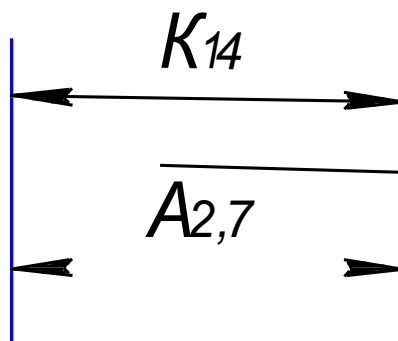


Рисунок 30-размерная цепь для  $A_{2,7}$

18) Конструкторский размер  $K_{15}$  выдерживается непосредственно, так как он равен технологическому  $A_{3,1}$   
 Для размера  $A_{2,4}$  (см. рис.31)  
 $A_{3,1}=K_{15}=10^{+0,2}$

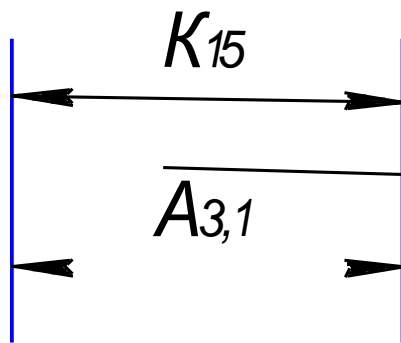


Рисунок 31



## 1.9 Выбор технического оснащения.

В настоящее время производители сосредоточили своё внимание на повышении эффективности металлорежущих станков, чтобы увеличить производительность обработки и повысить уровень точности гибкости и надежности. Основным направлением при соблюдении необходимых требований, остается максимальное снижение себестоимости обработки детали, а достигнуть этого можно лишь повысив уровень автоматизации и ускорения режимов резания.

Наиболее эффективным методом снижения себестоимости обработки является использование оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ). У станков ЧПУ есть возможность сконцентрировать операции на одном станке и совместить ряд операций во времени (одновременная обработка несколькими инструментами). Это позволит производить на одном станке комплексную обработку сложных по конфигурации деталей, при многократном сокращении оперативного времени и всего производственного цикла при изготовлении деталей. Это существенно экономит материальные затраты на обслуживание производственных площадей.

Современное оборудование, в зависимости от его технических возможностей, материала заготовки, инструмента необходимой точности изделия и других требований потребителя, способно само выбирать наиболее экономически выгодные режимы механообработки. Подобным станкам присуще использование самонастраивающейся системы управления, то есть системы, которая обеспечивает автоматическое приспособление процесса обработки заготовки к изменяющимся условиям обработки (непрерывно меняющимся режущим свойствам инструмента, разбросу припусков и твердости для каждой заготовки, для обрабатываемой партии и др.).

В технологическом процессе имеется две токарные операции и две фрезерные.

Для токарных операций выберем горизонтальный токарный станок с ЧПУ Victor VturnII-16/20, для одной фрезерной операции выберем 5-ти координатный фрезерный станок DMU 40, для второй фрезерной операции выбираем станок 675 фрезерный широкоуниверсальный инструментальный.

## Горизонтальный токарный станок с ЧПУ модель Victor VturnII-26

Рабочие параметры	Максимальный диаметр обрабатываемой детали, мм	380
	Максимальная длина точения, мм	650
	Диаметр гидравлического патрона	250 (10")
Перемещения	Скорость быстрого перемещения по оси X, м/мин	50+190
	Скорость быстрого перемещения по оси Z, м/мин	610
	Быстрая подача по осям X/Z, м/мин.	12
Шпиндель	Мощность двигателя шпинделя (номинал / 30 мин.), кВт	15/18,5
	Максимальная частота вращения шпинделя, об./мин.	3500
	Диаметр патрона	A2-8 (10")
Револьверная инструментальная головка	Количество позиций в револьверной головке, шт	12
Характеристики обрабатываемого центра	Размеры обрабатываемого центра (Д*Ш*В), мм	3800*1700*2000
	Вес станка, кг	5400
	Система ЧПУ	Fanuc 21i-T / 18i-T



5-ти координатный вертикально - фрезерный станок DMU 40

Перемещения	Скорость быстрого перемещения по оси X, м/мин	50/80
	Скорость быстрого перемещения по оси Y, м/мин	50/80
	Скорость перемещения по оси Z, м/мин	50/80
Перемещения Шпиндель Револьверная инструментальная головка	Одновременная обработка с 5 сторон и максимум по 5 осям	
	Мощность двигателя шпинделя, кВт	25
	Скорость вращения шпинделя, об./мин.	14000, 18000 или 24000
	Количество позиций в револьверной головке, шт	30
Поворотный/вращающийся стол	Диаметр стола, мм	480
	Угол поворота оси B	-5°/+ 110°
Револьверная инструментальная головка	Скорость вращения по оси B, об/мин	60
Поворотный/вращающийся стол Характеристики обрабатывающего центра	Скорость вращения по оси C, об/мин	60
	Нагрузка, кг	250
	Размеры обрабатывающего центра (Д*Ш*В), мм	3800*1700*2000
	Вес станка, кг	4800
	Система ЧПУ	Heidenhain iTNC 530 HSCI или Siemens 840D solutionline.



## Основные характеристики фрезерного широкоуниверсального станка 675

Рабочие параметры	Размеры рабочей поверхности вертикального стола (основного), мм	200 x 500
	Размеры рабочей поверхности углового горизонтального стола, мм	200 x 630
	Расстояние от оси горизонтального шпинделя до поверхности углового стола, мм	55..355
	Расстояние от торца вертикального шпинделя до поверхности углового стола, мм	0..280
Перемещения	Наибольший продольный ход стола (X), мм	320
	Наибольший вертикальный ход стола (Z), мм	300
	Наибольший поперечный ход шпиндельной бабки (Y), мм	200
Шпиндель	Пределы частот вращения горизонтального шпинделя, об./мин.	50..1630
	Пределы частот вращения вертикального шпинделя, об./мин.	63..2040
Электродвигатель привода шпинделя	Мощность двигателя шпинделя, кВт	1,7
	Скорость вращения шпинделя, об./мин.	1420
Характеристики обрабатывающего центра	Размеры обрабатывающего центра (Д*Ш*В), мм	3800*1700*2000
	Вес станка, кг	1420



## 1.10 Расчёт и назначение режимов резания

При расчёте режимов резания руководствуемся следующими общими рекомендациями. Режимы резания определяются глубиной резания –  $t$  мм, подачей –  $S$  мм/об., скоростью резания –  $V$  м/мин, которые оказывают значительное влияние на точность и качество обрабатываемой поверхности, производительность и технологическую себестоимость обработки.

Подача должна быть установлена максимально допустимой. При черновой обработке она ограничивается прочностью и жесткостью элементов технологической системы станка, а при чистовой и отделочной – точностью размеров и шероховатостью обрабатываемой поверхности. Определенная расчетом или по нормативам подача должна соответствовать паспортным данным станка.

Скорость резания зависит от выбранной глубины резания, подачи, качества и марки обрабатываемого материала, геометрических параметров режущей части инструмента и ряда других факторов.

При назначении режимов резания следует учитывать вид обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал заготовки, тип и состояние станка.

## Токарная операция 005 переход 1.

Горизонтальный токарный станок с ЧПУ модель Victor VturnII-26

Инструмент: Державка – DCKNR 2525M12

Пластина - CNMG120408 - PF

1. Глубина резания:  $t = 1$  мм.

2. Подача для данной глубины резания:  $S = 0,4$  мм/об [2, таб.11, с.364]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, \text{с.363}]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T = 60$  мин [2, с.363]

Определяем значения коэффициента и показателей степени  $x$ ,  $y$ ,  $m$  в формулах скорости резания при обработки резцом:

$$C_v = 290; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,35 \quad [2, \text{с.367, таб.17}].$$

Коэффициент  $K_v$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \quad [2, \text{с.358}]$$

где:

$K_{pv}$  - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$$K_{pv} = 0,9 \quad [2, \text{с. 361, таб.5}]$$

$K_{iv}$  - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

$$K_{iv} = 1,9 \quad [2, \text{с. 361, таб.6}]$$

$K_{mv}$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого

материала определяется по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:

$$K_r = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$$n_v = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$\sigma_v = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{510} \right)^{1,0} = 1,47$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} = 1,47 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 2,51$$

$$\text{Скорость резания: } V = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,47 = 250 \text{ мм/мин}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{ с. 386}]$$

где:  $V$  - скорость резания;  $d$  - диаметр заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot 250}{3,14 \cdot 30} = 2653 \text{ об/мин}$$

5. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad [2, \text{ с. 371}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_p = 204; \quad x = 1,0; \quad y = 0,75; \quad n = 0 \quad [2, \text{ с.372, таб.22}]$$

$K_p$  - коэффициент произведения ряда коэффициентов учитывающих фактические условия резания.

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\Phi P} \cdot K_{YP} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{GP} \quad [2, \text{ с.371}]$$

$K_{MP}$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого

материала определяется по формуле:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad [2, \text{ с.362, таб.9}]$$

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{510}{750} \right)^{0,75} = 0,75$$

$$K_{\Phi P} = 1,0; \quad K_{YP} = 1,0; \quad K_{\lambda P} = 1,0; \quad K_{GP} = 0,93 \quad [2, \text{ с.374, таб.23}]$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\Phi P} \cdot K_{YP} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{GP} = 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,7$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 250^0 \cdot 0,7 = 718 \text{ Н}$$

6. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad [2, \text{ с.371}]$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{718 \cdot 250}{1020 \cdot 60} = 2,9 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения

$N_{\text{шп}} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  - берётся из паспорта станка;  $\eta$  - КПД станка

$$N_{\text{шп}} = 2,9 \cdot 0,85 = 2,5 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 15 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### Токарная операция 005 переход 2

Горизонтальный токарный станок с ЧПУ модель Victor VturnII-26

Инструмент: Державка – DCKNR/L2525M12

Пластина - CNMG120408 - WF

$$1. \text{ Глубина резания: } t = \frac{D_{0,1}^{cp} - D_{1,1}^{cp}}{2} = \frac{30 - 20}{2} = 5 \text{ мм}$$

Рабочих ходов – 3:  $t_1 = 2,5 \text{ мм}$ ;  $t_2 = 1,5 \text{ мм}$ ;  $t_3 = 1 \text{ мм}$

2. Подача для данной глубины резания:

$$S_1 = 0,3 \text{ мм/об. } S_2 = 0,4 \text{ мм/об. } S_3 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, \text{с.363}]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T = 60 \text{ мин}$  [2, с.363]

Определяем значения коэффициента и показателей степени  $x$ ,  $y$ ,  $m$  в формулах скорости резания при обработки резцом:

$$C_v = 290; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,35 \quad [2, \text{с.367, таб.17}].$$

Коэффициент  $K_v$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \quad [2, \text{с.358}]$$

где:

$K_{pv}$  - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$$K_{pv} = 0,9 \quad [2, \text{с. 361, таб.5}]$$

$K_{iv}$  - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;



$$K_{HV} = 1,9 \quad [2, \text{с. 361, таб.6}]$$

$K_{MV}$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала определяется по формуле:

$$K_{MV} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:

$$K_r = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$$n_v = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$\sigma_v = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{510} \right)^{1,0} = 1,47$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{HV} = 1,47 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 2,51$$

$$\text{Скорость резания: } V_1 = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} \cdot 1,47 = 250 \text{ мм/мин}$$

$$V_2 = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,47 = 242 \text{ мм/мин}$$

$$V_3 = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,2^{0,35}} \cdot 1,47 = 327 \text{ мм/мин}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  - скорость резания;  $d$  - диаметр заготовки.

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 250}{3,14 \cdot 30} = 2654 \text{ об/мин}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 242}{3,14 \cdot 25} = 3357 \text{ об/мин}$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 327}{3,14 \cdot 22} = 3434 \text{ об/мин}$$

5. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad [2, \text{с. 371}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_p = 204; \quad x = 1,0; \quad y = 0,75; \quad n = 0 \quad [2, \text{с.372, таб.22}]$$

$K_p$  - коэффициент произведения ряда коэффициентов учитывающих фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$K_{mp}$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала определяется по формуле:

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad [2, \text{с.362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{510}{750} \right)^{0,75} = 0,75$$

$$K_{\phi p} = 1,0; \quad K_{yp} = 1,0; \quad K_{\lambda p} = 1,0; \quad K_{rp} = 0,93 \quad [2, \text{с.374, таб.23}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,7$$

$$P_{z1} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 250^0 \cdot 0,7 = 586 \text{ Н}$$

$$P_{z2} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 242^0 \cdot 0,7 = 714 \text{ Н}$$

$$P_{z3} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 327^0 \cdot 0,7 = 428 \text{ Н}$$

6. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$N_{рез1} = \frac{586 \cdot 250}{1020 \cdot 60} = 2,4 \text{ кВт}$$

$$N_{рез2} = \frac{714 \cdot 242}{1020 \cdot 60} = 2,8 \text{ кВт}$$

$$N_{рез3} = \frac{428 \cdot 327}{1020 \cdot 60} = 2,3 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения

$N_{шп} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  - берётся из паспорта станка;  $\eta$  - КПД станка

Мощность электродвигателя станка 18,5 кВт

$$N_{шп1} = 2,4 \cdot 0,85 = 2,04 \text{ кВт}$$

$$N_{шп2} = 2,8 \cdot 0,85 = 2,38 \text{ кВт}$$

$$N_{шп3} = 2,3 \cdot 0,85 = 1,98 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 15кВт, она достаточна для выполнения операции.

### Токарная операция 005 переход 3.

Горизонтальный токарный станок с ЧПУ модель Victor VturnII-26

Инструмент: Державка – DCKNR/L2525M12

Пластина - CNMG120408 - WF

1. Глубина резания:  $t = \frac{D_{1,1}^{cp} - D_{1,2}^{cp}}{2} = \frac{20-6}{2} = 7\text{мм}$

Рабочих ходов – 3:  $t_{1-2}=3\text{мм}$ ;  $t_3=1\text{мм}$

2. Подача для данной глубины резания:

$$S_{1-2}=0,5\text{мм/об. } S_3=0,35\text{мм/об.}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, \text{с.363}]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T=60$  мин [2, с.363]

Определяем значения коэффициента и показателей степени  $x$ ,  $y$ ,  $m$  в формулах скорости резания при обработки резцом:

$$C_v = 290; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,35 \quad [2, \text{с.367, таб.17}].$$

Коэффициент  $K_v$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \quad [2, \text{с.358}]$$

где:

$K_{pv}$  - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$$K_{pv} = 0,9 \quad [2, \text{с. 361, таб.5}]$$

$K_{iv}$  - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

$$K_{iv} = 1,9 \quad [2, \text{с. 361, таб.6}]$$

$K_{mv}$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого

материала определяется по формуле:

$$K_{MV}=K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:

$$K_r = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$$n_v = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$\sigma_v = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{510}\right)^{1,0} = 1,47$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{NV} = 1,47 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 2,51$$

$$\text{Скорость резания: } V_{1-2} = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,47 = 203 \text{ мм/мин}$$

$$V_3 = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,35^{0,35}} \cdot 1,47 = 266 \text{ мм/мин}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  - скорость резания;  $d$  - диаметр заготовки.

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 203}{3,14 \cdot 20} = 3232 \text{ об/мин}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 203}{3,14 \cdot 14} = 3417 \text{ об/мин}$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 266}{3,14 \cdot 8} = 3480 \text{ об/мин}$$

5. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad [2, \text{с. 371}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_p = 204; \quad x = 1,0; \quad y = 0,75; \quad n = 0 \quad [2, \text{с.372, таб.22}]$$

$K_p$  - коэффициент произведения ряда коэффициентов учитывающих фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{фp} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$K_{mp}$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого

материала определяется по формуле:

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \quad [2, \text{с.362, таб.9}]$$

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{510}{750}\right)^{0,75} = 0,75$$

$$K_{\text{фр}} = 1,0; \quad K_{\text{ур}} = 1,0; \quad K_{\lambda p} = 10; \quad K_{\text{гр}} = 0,93 \quad [2, \text{с.374, таб.23}]$$

$$K_p = K_{\text{мр}} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\text{ур}} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\text{гр}} = 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,7$$

$$P_{z1-2} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 203^0 \cdot 0,7 = 856 \text{Н}$$

$$P_{z3} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1^1 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 266^0 \cdot 0,7 = 642 \text{Н}$$

6. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$N_{\text{рез1-2}} = \frac{856 \cdot 203}{1020 \cdot 60} = 2,8 \text{кВт}$$

$$N_{\text{рез3}} = \frac{642 \cdot 266}{1020 \cdot 60} = 2,8 \text{кВт}$$

7. Мощность привода главного движения

$N_{\text{шп}} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  - берётся из паспорта станка;  $\eta$  - КПД станка

Мощность электродвигателя станка 18,5кВт

$$N_{\text{шп1-2}} = 2,8 \cdot 0,85 = 2,38 \text{кВт}$$

$$N_{\text{шп3}} = 2,8 \cdot 0,85 = 2,38 \text{кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 15кВт, она достаточна для выполнения операции.

### **Токарная операция 005 переход 4.**

Горизонтальный токарный станок с ЧПУ модель Victor VturnII-26

Инструмент: Державка – DVPNR/L 2525M 16

Пластина - VNMG160408 - PF

$$1. \text{ Глубина резания: } t = \frac{D_{1,2}^{cp} - D_{1,3}^{cp}}{2} = \frac{20 - 19,85}{2} = 0,075 \text{мм}$$

$$2. \text{ Подача для данной глубины резания: } S = 0,2 \text{мм/об.}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_y} \cdot K_v \quad [2, \text{с.363}]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T=60$  мин  $[2, \text{с.363}]$

Определяем значения коэффициента и показателей степени  $x$ ,  $y$ ,  $m$  в формулах скорости резания при обработки резцом:

$$C_v = 290; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,35 \quad [2, \text{с.367, таб.17}].$$

Коэффициент  $K_v$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \quad [2, \text{с.358}]$$

где:

$K_{pv}$  - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$$K_{pv} = 0,9 \quad [2, \text{с. 361, таб.5}]$$

$K_{iv}$  - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

$$K_{iv} = 1,9 \quad [2, \text{с. 361, таб.6}]$$

$K_{mv}$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого

материала определяется по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:

$$K_r = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$$n_v = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$\sigma_v = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{510} \right)^{1,0} = 1,47$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1,47 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 2,51$$

$$\text{Скорость резания: } V = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,2^{0,35}} \cdot 1,47 = 284 \text{ мм/мин}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  - скорость резания;  $d$  - диаметр заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot 284}{3,14 \cdot 20} = 3422 \text{ об/мин}$$

5. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad [2, \text{с. 371}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_p = 204; \quad x = 1,0; \quad y = 0,75; \quad n = 0 \quad [2, \text{с.372, таб.22}]$$

$K_p$  - коэффициент произведения ряда коэффициентов учитывающих фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$K_{mp}$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого

материала определяется по формуле:

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad [2, \text{с.362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{510}{750} \right)^{0,75} = 0,75$$

$$K_{\phi p} = 1,0; \quad K_{yp} = 1,0; \quad K_{\lambda p} = 1,0; \quad K_{rp} = 0,93 \quad [2, \text{с.374, таб.23}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,7$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 284^0 \cdot 0,7 = 428 \text{ Н}$$

6. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$N_{рез} = \frac{428 \cdot 284}{1020 \cdot 60} = 2 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения

$N_{шп} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  - берётся из паспорта станка;  $\eta$  - КПД станка

Мощность электродвигателя станка 18,5 кВт

$$N_{шп1-2} = 2 \cdot 0,85 = 1,7 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 15кВт, она достаточна для выполнения операции.

### Токарная операция 005 переход 5.

Горизонтальный токарный станок с ЧПУ модель Victor VturnII-26

Инструмент: Державка – DDHNL2525M16

Пластина - DNMG150408 – PF

1. Глубина резания:  $t = \frac{D_{1,3}^{cp} - D_{1,4}^{cp}}{2} = \frac{20-17}{2} = 1,5\text{мм}$

2. Подача для данной глубины резания:  $S = 0,3\text{мм/об.}$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, \text{с.363}]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T=60$  мин  $[2, \text{с.363}]$

Определяем значения коэффициента и показателей степени  $x, y, m$  в формулах скорости резания при обработки резцом:

$$C_v = 290; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,35 \quad [2, \text{с.367, таб.17}].$$

Коэффициент  $K_v$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \quad [2, \text{с.358}]$$

где:

$K_{pv}$  - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$$K_{pv} = 0,9 \quad [2, \text{с. 361, таб.5}]$$

$K_{iv}$  - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

$$K_{iv} = 1,9 \quad [2, \text{с. 361, таб.6}]$$

$K_{mv}$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого

материала определяется по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:



$$K_r = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$$n_v = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$\sigma_v = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{510} \right)^{1,0} = 1,47$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{nv} = 1,47 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 2,51$$

$$\text{Скорость резания: } V = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} \cdot 1,47 = 269 \text{ мм/мин}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  - скорость резания;  $d$  - диаметр заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot 269}{3,14 \cdot 20} = 3283 \text{ об/мин}$$

5. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad [2, \text{с. 371}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_p = 408; \quad x = 0,72; \quad y = 0,8; \quad n = 0 \quad [2, \text{с.372, таб.22}]$$

$K_p$  - коэффициент произведения ряда коэффициентов учитывающих фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{фр} \cdot K_{ур} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{гр} \quad [2, \text{с.371}]$$

$K_{mp}$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого

материала определяется по формуле:

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad [2, \text{с.362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{510}{750} \right)^{0,75} = 0,75$$

$$K_{фр} = 1,0; \quad K_{ур} = 1,0; \quad K_{\lambda p} = 1,0; \quad K_{гр} = 0,93 \quad [2, \text{с.374, таб.23}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{фр} \cdot K_{ур} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{гр} = 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,7$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 408 \cdot 1,5^{0,72} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 269^0 \cdot 0,7 = 1443 \text{ Н}$$

6. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{1443 \cdot 269}{1020 \cdot 60} = 6,3 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения

$N_{\text{шп}} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  – берётся из паспорта станка;  $\eta$  – КПД станка

Мощность электродвигателя станка 18,5 кВт

$$N_{\text{шп}} = 6,3 \cdot 0,85 = 5,3 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 15 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### **Токарная операция 005 переход 6.**

Горизонтальный токарный станок с ЧПУ модель Victor VturnII-26

Инструмент: Державка – DCKNR2525M12

Пластина - CNMG120408 -PF

1. Глубина резания:  $t = 0,5$  мм.

2. Рекомендуемая подача для данной глубины резания:  $S = 0,15$  мм/об

[2, с.412]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, \text{с.363}]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T = 60$  мин [2, с.363]

Определяем значения коэффициента и показателей степени  $x$ ,  $y$ ,  $m$  в формулах скорости резания при обработки резцом:

$$C_v = 290; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,35 \quad [2, \text{с.367, таб.17}].$$

Коэффициент  $K_v$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \quad [2, \text{с.358}]$$

где:

$K_{\text{ПВ}}$  - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$$K_{\text{ПВ}} = 0,9 \quad [2, \text{с. 361, таб.5}]$$

$K_{\text{ИВ}}$  - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

$$K_{\text{ИВ}} = 1,9 \quad [2, \text{с. 361, таб.6}]$$

$K_{\text{МВ}}$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого

материала определяется по формуле:

$$K_{\text{МВ}} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:

$$K_r = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$$n_v = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$\sigma_v = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{\text{МВ}} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{510} \right)^{1,0} = 1,47$$

$$K_v = K_{\text{МВ}} \cdot K_{\text{ПВ}} \cdot K_{\text{ИВ}} = 1,47 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 2,51$$

$$\text{Скорость резания: } V = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,15^{0,35}} \cdot 1,47 = 284 \text{ мм/мин}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  - скорость резания;  $d$  - диаметр заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot 284}{3,14 \cdot 30} = 3015 \text{ об/мин}$$

5. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad [2, \text{с. 371}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_p = 204; \quad x = 1,0; \quad y = 0,75; \quad n = 0 \quad [2, \text{с.372, таб.22}]$$

$K_p$  - коэффициент произведения ряда коэффициентов учитывающих фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$K_{mp}$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала определяется по формуле:

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad [2, \text{с.362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{510}{750} \right)^{0,75} = 0,75$$

$$K_{\phi p} = 1,0; \quad K_{yp} = 1,0; \quad K_{\lambda p} = 10; \quad K_{rp} = 0,93 \quad [2, \text{с.374, таб.23}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 0,93 = 0,7$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 0,5^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 284^0 \cdot 0,7 = 171 \text{ Н}$$

6. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$N_{рез} = \frac{171 \cdot 284}{1020 \cdot 60} = 0,8 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения

$N_{шп} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  - берётся из паспорта станка;  $\eta$  - КПД станка

$$N_{шп} = 0,8 \cdot 0,85 = 0,68 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 15 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### **Токарная операция 005 переход 7.**

Горизонтальный токарный станок с ЧПУ модель Victor VturnII-26

Инструмент - Сверло центровочное комбинированное Р6М5: тип А (ГОСТ 14952-75) марку быстрорежущей стали инструмента выбираем по рекомендациям

[2, с. 178, таб.2].

$$d = 1,25 \text{ мм}; \quad D = 3,15 \text{ мм}; \quad l = 2,2 \text{ мм}; \quad L = 33,5 \text{ мм}.$$

1. Глубина резания:  $t = \frac{D_{1.6}^{cp}}{2} = \frac{1,25}{2} = 0,625$  мм.

2. Подача для данной глубины резания:  $S = 0,13$  мм/об [2, с.381, таб.35]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, с.382]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T = 6$  мин [2, с.384, таб.40]

Определяем значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени  $q, y, m$

$C_v = 7; q = 0,4; y = 0,7; m = 0,2;$  [2, с.383, таб.38].

Коэффициент  $K_v$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \quad [2, с.385]$$

где:

где:  $K_{iv} = 0,85$  - коэффициент, учитывающий глубину сверления обрабатываемого

отверстия; [2, с. 385, таб.41]

$K_{nv} = 1,0$  - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента; [2, с. 361, таб.6]

$K_{mv} = 1,41$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала, который определяется по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, с. 358]$$

где:

$K_r = 1,0$  [2, с. 359, таб.2]

$n_v = 0,9$  [2, с. 359, таб.2]

$\sigma_v = 510$  МПа – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{510} \right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 1,2$$

Скорость резания:  $V = \frac{7 \cdot 1,25^{0,4}}{6^{0,2} \cdot 0,13^{0,7}} \cdot 1,2 = 27$  м/мин

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  - скорость резания;  $d$  - диаметр заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot 27}{3,14 \cdot 1,25} = 3478 \text{ об/мин}$$

5. Определяем крутящий момент при сверлении по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_m = 0,0345; \quad q = 2,0; \quad y = 0,8 \quad [2, \text{с. 385, таб.42}]$$

$K_p$  – коэффициент учитывающий фактические условия резания:

$$K_p = K_{mp} \quad [2, \text{с. 386}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad [2, \text{с. 362, таб.9}]$$

$$n = 0,75 \quad [2, \text{с. 362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{510}{750} \right)^{0,75} = 0,74$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 1,25^2 \cdot 0,13^{0,8} \cdot 0,74 = 0,075 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

6. Определяем осевую силу  $P_0$  на инструмент при сверлении:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определим значение коэффициентов:

$$C_p = 68; \quad q = 1,0; \quad y = 0,7 \quad [2, \text{с. 385, таб.42}]$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 1,25^1 \cdot 0,13^{0,7} \cdot 0,74 = 151 \text{ Н}$$

7. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad [2, \text{с.386}]$$

$$N_{рез} = \frac{0,075 \cdot 3478}{9750} = 0,05 \text{ кВт}$$

8. Мощность привода главного движения

$$N_{шп} = N_g \cdot \eta, \text{ где } N_g - \text{ берётся из паспорта станка; } \eta - \text{ КПД станка}$$

$$N_{шп} = 0,05 \cdot 0,85 = 0,044 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 15 кВт, она достаточна для выполнения операции.

## Токарная операция 005 переход 8.

Горизонтальный токарный станок с ЧПУ модель Victor VturnII-26

Инструмент - Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком Р6М5 (ГОСТ 886-77) марку быстрорежущей стали инструмента выбираем по рекомендациям: [2, с. 178, таб.2].

$d=3.3$  мм;  $l=69$  мм;  $L=106$  мм.

1. Глубина резания:  $t = \frac{D_{1.7}^{cp}}{2} = \frac{3,3}{2} = 1,65$  мм.

2. Подача для данной глубины резания:  $S=0,13$  мм/об [2, с.381, таб.35]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, с.382]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T=6$  мин [2, с.384, таб.40]

Определяем значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени  $q$ ,  $y$ ,  $m$

$C_v = 7$ ;  $q = 0,4$ ;  $y = 0,7$ ;  $m = 0,2$  [2, с.383, таб.38].

Коэффициент  $K_v$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \quad [2, с.385]$$

где:

где:  $K_{iv} = 0,85$  - коэффициент, учитывающий глубину сверления обрабатываемого

отверстия; [2, с. 385, таб.41]

$K_{nv} = 1,0$  - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента; [2, с. 361, таб.6]

$K_{mv} = 1,41$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала, который определяется по формуле: [2, с. 358]

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, с. 358]$$

где:

$K_r = 1,0$  [2, с. 359, таб.2]

$$n_v = 0,9$$

[2, с. 359, таб.2]

$\sigma_v = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{510}\right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 1,2$$

$$\text{Скорость резания: } V = \frac{7 \cdot 3,3^{0,4}}{6^{0,2} \cdot 0,13^{0,7}} \cdot 1,2 = 39 \text{ мм/мин}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{ с. } 386]$$

где:  $V$  - скорость резания;  $d$  - диаметр заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot 39}{3,14 \cdot 3,3} = 3463 \text{ об/мин}$$

5. Определяем крутящий момент при сверлении по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{ с. } 385]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_M = 0,0345; \quad q = 2,0; \quad y = 0,8 \quad [2, \text{ с. } 385, \text{ таб.42}]$$

$K_p$  – коэффициент учитывающий фактические условия резания:

$$K_p = K_{MP} \quad [2, \text{ с. } 386]$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \quad [2, \text{ с. } 362, \text{ таб.9}]$$

$$n = 0,75 \quad [2, \text{ с. } 362, \text{ таб.9}]$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{510}{750}\right)^{0,75} = 0,74$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 3,3^2 \cdot 0,13^{0,8} \cdot 0,74 = 0,5 \text{ Н·м}$$

6. Определяем осевую силу  $P_0$  на инструмент при сверлении:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{ с. } 385]$$

Определим значение коэффициентов:

$$C_p = 68; \quad q = 1,0; \quad y = 0,7 \quad [2, \text{ с. } 385, \text{ таб.42}]$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 3,3^1 \cdot 0,13^{0,7} \cdot 0,74 = 381 \text{ Н}$$

7. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad [2, \text{ с.386}]$$



$$N_{рез} = \frac{0,5 \cdot 3463}{9750} = 0,19 \text{ кВт}$$

## 8. Мощность привода главного движения

$N_{шп} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  - берётся из паспорта станка;  $\eta$  - КПД станка

$$N_{шп} = 0,19 \cdot 0,85 = 0,16 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 15 кВт, она достаточна для выполнения операции.

## Токарная операция 005 переход 9.

Горизонтальный токарный станок с ЧПУ модель Victor VturnII-26

Инструмент - Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком Р6М5 (ГОСТ 886-77) марку быстрорежущей стали инструмента выбираем по рекомендациям: [2, с. 178, таб.2].

$d=4$  мм;  $l=78$  мм;  $L=119$  мм.

1. Глубина резания:  $t = \frac{D_{1.8}^{cp}}{2} = \frac{4}{2} = 2$  мм.

2. Подача для данной глубины резания:  $S=0,13$  мм/об [2, с.381, таб.35]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, \text{с.382}]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T=6$  мин [2, с.384, таб.40]

Определяем значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени  $q$ ,  $y$ ,  $m$

$C_v = 7$ ;  $q = 1,0$ ;  $y = 0,7$ ;  $m = 0,2$ ;  $x=1,2$  [2, с.383, таб.38].

Коэффициент  $K_v$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} \quad [2, \text{с.385}]$$

где:

где:  $K_{lv} = 0,85$  - коэффициент, учитывающий глубину сверления обрабатываемого

отверстия; [2, с. 385, таб.41]

$K_{nv} = 1,0$  - коэффициент, учитывающий качество материала

инструмента;

[2, с. 361, таб.6]

$K_{MV}=1,41$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала, который определяется по формуле:

[2, с. 358]

$$K_{MV}=K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:

$$K_r = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$$n_v = 0,9 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$\sigma_v = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{510}\right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 1,2$$

$$\text{Скорость резания: } V = \frac{7 \cdot 4^{0,4}}{6^{0,2} \cdot 0,13^{0,7}} \cdot 1,2 = 42 \text{ мм/мин}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  - скорость резания;  $d$  - диаметр заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot 42}{3,14 \cdot 4} = 3343 \text{ об/мин}$$

5. Определяем крутящий момент при рассверливании по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_M = 0,09; \quad q = 1,0; \quad x = 0,9; \quad y = 0,8 \quad [2, \text{с. 385, таб.42}]$$

$K_p$  – коэффициент учитывающий фактические условия резания:

$$K_p = K_{mp} \quad [2, \text{с. 386}]$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \quad [2, \text{с. 362, таб.9}]$$

$$n = 0,75 \quad [2, \text{с. 362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{510}{750}\right)^{0,75} = 0,74$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,09 \cdot 4^1 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,13^{0,8} \cdot 0,74 = 0,9 \text{ Н·м}$$

6. Определяем осевую силу  $P_0$  на инструмент при рассверливании:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определим значение коэффициентов:

$$C_p=67; q=1,0; x=1,2; y=0,65 \quad [2, \text{с. 385, таб.42}]$$

$$P_0=10 \cdot 67 \cdot 4^1 \cdot 2^{1,2} \cdot 0,13^{0,65} \cdot 0,74=1180 \text{Н}$$

7. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} \quad [2, \text{с.386}]$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{0,9 \cdot 3343}{9750} = 0,3 \text{кВт}$$

8. Мощность привода главного движения

$N_{\text{шп}} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  - берётся из паспорта станка;  $\eta$  - КПД станка

$$N_{\text{шп}} = 0,3 \cdot 0,85 = 0,26 \text{кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 15кВт, она достаточна для выполнения операции.

### **Токарная операция 005 переход 10**

Горизонтальный токарный станок с ЧПУ модель Victor VturnII-26

Инструмент – Метчик CoroTap™ 300 T300-SD101DA-M4 D125

1. Глубина резания:  $t = H$  (высота профили резьбы)

$$H(M4-7H) = 0,379 \text{мм}$$

$$t = 0,375 \text{мм}$$

2. Подача для данной глубины резания равна шагу резьбы:  $S = 0,7 \text{ мм/об}$

3. Скорость резания при нарезании метрической резьбы метчиками определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m \cdot S^y}} \cdot K_v \quad [2, \text{с.432}]$$

где:  $T=90$  мин - значение стойкости инструмента.

[2, с.431, таб.118]

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени  $x, q, y, m$  в формулах скорости резания при обработке метчиком:

$$C_v = 64; \quad m = 0,9; \quad q = 1,2; \quad y = 0,5 \quad [2, \text{с.433, таб.120}]$$

Коэффициент  $K_v$  – произведение ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{cv} \quad [2, \text{с.431}]$$

где:  $K_{cv}=0,75$  - коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы, если резьба нарезается одним чистовым резцом [2, с. 431]

$K_{iv}=1,0$  - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

$K_{mv}=0,7$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала

$K_{tv}=1,0$  – коэффициент, учитывающий точность нарезания резьбы

[2, с. 433, таб.119]

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} = 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 0,7$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m \cdot S_y}} \cdot K_v = \frac{64,8 \cdot 4^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 0,7^{0,5}} \cdot 0,7 = 4,9 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 432}]$$

где:  $V$  - скорость резания;  $d$  - диаметр инструмента.

$$n = \frac{1000 \cdot 4,9}{3,14 \cdot 4} = 390 \text{ об/мин.}$$

5. Определяем крутящий момент при нарезании резьбы метчиками по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 432}]$$

Определяем значения коэффициентов и показателей степени в формулах силовых значений при нарезании резьбы:

$$C_m = 0,0130; \quad q=1,4; \quad y=1,5; \quad [2, \text{с.433, таб.120}]$$

$K_p = K_{mp}$ - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала.

$$K_{mp} = 1,3 \quad [2, \text{с.433, таб.119}]$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0130 \cdot 4^{1,4} \cdot 0,7^{1,5} \cdot 1,3 = 0,68 \text{ Н·м}$$

6. Определяем мощность при нарезании резьбы метчиками по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{M \cdot n}{975} \quad [2, \text{с.432}]$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{0,68 \cdot 390}{975} = 0,27 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения

$N_{\text{шп}} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  - берётся из паспорта станка;  $\eta$  - КПД станка

$$N_{\text{шп}} = 0,27 \cdot 0,85 = 0,23 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 15 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### Токарная операция 005 переход 11

Горизонтальный токарный станок с ЧПУ модель Victor VturnII-26

Инструмент: Державка – 266R/LFG-2525-16

Пластина – 266RG-16VM01C001M

Число рабочих ходов-4 [4, с. 428, таб.114] из них 3 хода черновых и 2 хода чистовых.

1. Глубина резания:  $t = \frac{D_{1.3}^{\text{сп}} - D_{1.7}^{\text{сп}}}{2} = \frac{20 - 19,85}{2} = 0,15 \text{ мм}$

2. Подача для данной глубины резания равна шагу резьбы:  $S = 1,5 \text{ мм/об}$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot i^x}{T^{m \cdot S^y}} \cdot K_v \quad [2, \text{с.429}]$$

где:  $T = 70$  мин – значение стойкости инструмента.

[2, с.430, таб.118]

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени  $x$ ,  $y$ ,  $m$  в формулах скорости резания при обработки резцом:

$$C_v = 244; \quad m = 0,2; \quad x = 0,23; \quad y = 0,3$$

[2, с.430, таб.118]

Коэффициент  $K_v$  – произведение ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{cv} \quad [2, \text{с.431}]$$

где:  $K_{cv}=1,0$  – коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы, если резьба нарезается черновым и чистовым резцом [2, с. 431]

$K_{iv}=1,0$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;  
таб.6] [2, с. 361,

$K_{mv}=1,41$  – коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала, который определяется по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

Где:  $K_r = 1,0$  [2, с. 359, таб.2]

$n_v = 0,9$  [2, с. 359, таб.2]

$\sigma_v = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{510} \right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{cv} = 1,41 \cdot 1 \cdot 1 = 1,41$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{244 \cdot 5^{0,23}}{70^{0,2} \cdot 1,5^{0,3}} \cdot 1,41 = 190 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр заготовки.

$$N = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 19,85} = 3064 \text{ об/мин.}$$

5. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad [2, \text{с. 371}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_p = 148; \quad x=1,0; \quad y=0,75; \quad n=0 \quad [2, \text{с.372, таб.22}]$$

$K_p$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов учитывающих фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$K_{mp}$  – коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала определяется по формуле:

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad [2, \text{с.362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{510}{750} \right)^{0,75} = 0,75$$

$$K_{\varphi p} = 1,0; \quad K_{yp} = 1,0; \quad K_{\lambda p} = 1,0; \quad K_{rp} = 0,93 \quad [2, \text{с.374, таб.23}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,7$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 148 \cdot 0,15^1 \cdot 1,5^{0,75} \cdot 190^0 \cdot 0,7 = 209 \text{ Н}$$

6. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$N_{рез} = \frac{209 \cdot 190}{1020 \cdot 60} = 0,64 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения

$N_{шп} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  – берётся из паспорта станка;  $\eta$  – КПД станка

$$N_{шп} = 0,64 \cdot 0,85 = 0,54 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 15 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### **Токарная операция 005 переход 12**

Горизонтальный токарный станок с ЧПУ модель Victor VturnII-26

Инструмент: Державка – DCLNR2525M12

Пластина - MACR3070 – N

1. Глубина резания:  $t = 5$  мм.

2. Подача для данной глубины резания:  $S = 0,12$  мм/о [2, таб.11, с.366, таб. 15]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, \text{с.363}]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T=60$  мин [2, с.363]

Определяем значения коэффициента и показателей степени  $x$ ,  $y$ ,  $m$  в формулах скорости резания при обработки резцом:

$$C_v = 47; m = 0,2; y = 0,8 \quad [2, \text{с.367, таб.17}].$$

Коэффициент  $K_v$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \quad [2, \text{с.358}]$$

где:

$K_{pv}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$$K_{pv} = 0,9 \quad [2, \text{с. 361, таб.5}]$$

$K_{iv}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

$$K_{iv} = 1,4 \quad [2, \text{с. 361, таб.6}]$$

$K_{mv}$  – коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала определяется по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:

$$K_r = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$$n_v = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$\sigma_v = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{510} \right)^{1,0} = 1,47$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1,47 \cdot 0,9 \cdot 1,4 = 1,85$$

$$\text{Скорость резания: } V = \frac{47}{60^{0,2} \cdot 0,12^{0,8}} \cdot 1,85 = 217 \text{ м/мин}$$

После округления значения скорости резания получим  $V=210$  м/мин.

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:



$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр заготовки.

$$N = \frac{1000 \cdot 210}{3,14 \cdot 30} = 2229 \text{ об/мин}$$

5. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad [2, \text{с. 371}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_p = 408; \quad x = 0,72; \quad y = 0,8; \quad n = 0 \quad [2, \text{с.372, таб.22}]$$

$K_p$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов учитывающих фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$K_{mp}$  – коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала определяется по формуле:

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad [2, \text{с.362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{510}{750} \right)^{0,75} = 0,75$$

$$K_{\phi p} = 0,89; \quad K_{yp} = 1,0; \quad K_{\lambda p} = 1,0; \quad K_{rp} = 0,87 \quad [2, \text{с.374, таб.23}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,58$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 408 \cdot 5^1 \cdot 0,12^1 \cdot 217^0 \cdot 0,58 = 1419 \text{ Н}$$

6. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$N_{рез} = \frac{1419 \cdot 217}{1020 \cdot 60} = 5 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения

$N_{шп} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  – берётся из паспорта станка;  $\eta$  – КПД станка

$$N_{шп} = 5 \cdot 0,85 = 4,25 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 15 кВт, она достаточна для выполнения операции.

## Фрезерная операция 010 переход 1

Вертикально-фрезерный станок DMU 40

Инструмент – Фреза торцевая насадная из быстрорежущей стали (ГОСТ 9304-69) марку инструмента выбираем по рекомендациям

[2, с. 180, таб.3].

$D=40$ ;  $d=16$  мм;  $l=38$  мм;  $L=32$  мм;  $z=10$ .

1. Глубина резания:  $t = \frac{D_{0,1}^{cp} - D_{1,1}^{cp}}{2} = \frac{30-22}{2} = 4$  мм

2. Подача для данной глубины резания на зуб,  $S_z = 0,12$  мм/зуб

Подача на оборот:  $S = S_z \cdot Z = 0,12 \cdot 10 = 1,2$  мм/об [2, с.404, таб.77]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad [2, с.406]$$

где:  $T=120$  мин – значение стойкости инструмента. [2, с.411, таб.82]

Значения коэффициента и показателей степени  $q, x, y, m, u, p$

$C_v = 332$ ;  $q=0,2$ ;  $m=0,2$ ;  $y=0,4$ ;  $x=0,1$ ;  $u=0,2$ ;  $p=0$  [2, с.407, таб.81]

Коэффициент  $K_v$  – произведение ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \quad [2, с.406]$$

где:  $K_n=0,9$ - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки; [2, с. 361, таб.5]

$K_{iv}=1,4$ - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента; [2, с. 361, таб.6]

$K_m=1,0$ - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого

Материала, который определяется по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} \quad [2, с. 358]$$

где:  $K_r=1,0$  [2, с. 359, таб.2]

$$n_v=0,9$$

[2, с. 359, таб.2]

$\sigma_B=510$  Мра– фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-88).

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{510}\right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v=K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}= 1,41 \cdot 0,9 \cdot 1,4=1,77$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = \frac{332 \cdot 40^{0,2}}{120^{0,2} \cdot 4^{0,1} \cdot 0,12^{0,4} \cdot 22^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 1,77 = 299 \text{ м/мин}$$

4. Частота вращения инструмента:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 299}{3,14 \cdot 40} = 2380 \text{ об/ мин} \quad [2, \text{ с. 386}]$$

где: V – скорость резания; d – диаметр инструмента.

Подача на минуту:  $S_m=S_0 \cdot n= 0,12 \cdot 2380=285,6$

5. После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную окружную силу. Главная окружная сила, Н.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad [2, \text{ с.406}]$$

где: z-число зубьев фрезы; n-частота вращения фрезы;

Значение коэффициентов и показателей степени в формуле крутящего момента и осевой силы при фрезеровании.

$$C_p= 82,5; \quad x=0,9; \quad y=0,8; \quad u=1,1; \quad q=1,1; \quad w=0 \quad [2, \text{ с.412, таб. 83}]$$

Поправочный коэффициент  $K_p=K_{mp}$  [2, с.386]:

$$K_{mp} \text{—определяется по формуле } K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \quad [2, \text{ с.362}]:$$

где:  $\sigma_B= 510$  Мра– фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-88)

$$n = 0,3 \quad [2, \text{ с.362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{510}{750}\right)^{0,3} = 0,89$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 4^{0,9} \cdot 0,12^{0,8} \cdot 22^{0,3} \cdot 10}{40^{1,1} \cdot 0,3^0} \cdot 0,89 = 200,38 \text{ Н}$$

$$6. \text{ Крутящий момент: } M_{kp} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{200,38 \cdot 40}{2 \cdot 100} = 40 \text{ Н/м} \quad [2, \text{ с.411}]:$$

где:  $P_z$ -сила резания;  $D$ -диаметр заготовки.

7. Мощность резания: 
$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{200,38 \cdot 299}{1020 \cdot 60} = 0,97 \text{ кВт} \quad [2, \text{с.411}]$$

где:  $V$ - скорость резания.

Мощность привода главного движения: 
$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,97}{0,75} = 1,29 \text{ кВт}$$

Так как значение КПД привода нам не известно, то принимаем худший вариант

$\eta = 0,75$

Мощность электродвигателя вертикально-фрезерного станка DMU 40 – 25 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### **Фрезерная операция 010 переход 2**

Вертикально-фрезерный станок DMU 40

Инструмент – Фреза торцевая CoroMill 245

Пластина- GC1030PM

$D = 32; z = 6.$

Рабочих ходов – 2

1. Глубина резания:  $t = 3,25 \text{ мм}$

2. Подача для данной глубины резания на зуб,  $S_z = 0,16 \text{ мм/зуб}$

Подача на оборот:  $S = S_z \cdot Z = 0,16 \cdot 6 = 0,96 \text{ мм/об} \quad [2, \text{с.404, таб.77}]$

7. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad [2, \text{с.406}]$$

где:  $T = 90$  мин – значение стойкости инструмента.  
[2, с.411, таб.82]

Значения коэффициента и показателей степени  $q, x, y, m, u, p$

$C_v = 332; q = 0,2; m = 0,2; y = 0,4; x = 0,1; u = 0,2; p = 0 \quad [2, \text{с.407, таб.81}]$

Коэффициент  $K_v$  – произведение ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \quad [2, \text{с.406}]$$

где:  $K_{\Pi}=0,9$ - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;  
[2, с. 361, таб.5]

$K_{\text{иv}}=1,4$ - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;  
[2, с. 361, таб.6]

$K_{\text{м}}=1,0$ - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого  
Материала, который определяется по формуле:

$$K_{\text{mv}} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:  $K_r=1,0$  [2, с. 359, таб.2]

$n_v=0,9$  [2, с. 359, таб.2]

$\sigma_B=510$  Мпа– фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-88).

$$K_{\text{mv}} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{510}\right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{\text{mv}} \cdot K_{nv} \cdot K_{\text{иv}} = 1,41 \cdot 0,9 \cdot 1,4 = 1,77$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = \frac{332 \cdot 32^0}{90^{0,2} \cdot 3,25^{0,1} \cdot 0,16^{0,4} \cdot 60^0} \cdot 1,77 = 438 \text{ м/мин}$$

4. Частота вращения инструмента:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 438}{3,14 \cdot 32} = 4359 \text{ об/ мин} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр инструмента.

Подача на минуту:  $S_m = S_0 \cdot n = 0,16 \cdot 4359 = 697,4 \text{ мм/мин}$

5. После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную окружную силу. Главная окружная сила,  $H$ .

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{mp}} \quad [2, \text{с.406}]$$

где:  $z$ -число зубьев фрезы;  $n$ -частота вращения фрезы;

Значение коэффициентов и показателей степени в формуле крутящего момента и осевой силы при фрезеровании.

$$C_p = 82,5; x=0,95; y=0,8; u=1,1; q=1,1; w=0 \quad [2, \text{с.412, таб. 83}]$$

Поправочный коэффициент  $K_p = K_{mp}$  [2, с.386]:

$K_{mp}$  –определяется по формуле  $K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$  [2, с.362]:

где:  $\sigma_B = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-88)

$$n = 0,3 \quad [2, \text{с.362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{510}{750}\right)^{0,3} = 0,89$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 3,25^{0,95} \cdot 0,16^{0,8} \cdot 6}{32^{1,1} \cdot 0,3^0} \cdot 0,89 = 83 \text{ Н}$$

6. Крутящий момент:  $M_{kp} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{83 \cdot 32}{2 \cdot 100} = 13,28 \text{ Н/м}$  [2, с.411]:

где:  $P_z$  – сила резания;  $D$  – диаметр заготовки.

7. Мощность резания:  $N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{83 \cdot 438}{1020 \cdot 60} = 0,59 \text{ кВт}$  [2, с.411]

где:  $V$  – скорость резания.

Мощность привода главного движения:  $N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,59}{0,75} = 0,78 \text{ кВт}$

Так как значение КПД привода нам не известно, то принимаем худший вариант

$$\eta = 0,75$$

Мощность электродвигателя вертикально-фрезерного станка DMU 40 – 25 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### **Фрезерная операция 010 переход 3**

Вертикально-фрезерный станок DMU 40

Инструмент – Фреза торцевая CoroMill 245

Пластина- GC1030PM

$$D = 32; z = 6.$$

Рабочих ходов – 2

1. Глубина резания:  $t = 1,72 \text{ мм}$

2. Подача для данной глубины резания на зуб,  $S_z = 0,16$  мм/зуб

Подача на оборот:  $S = S_z \cdot Z = 0,16 \cdot 6 = 0,96$  мм/об [2,с.404, таб.77]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad [2,с.406]$$

где:  $T=90$  мин – значение стойкости инструмента.

[2,с.411, таб.82]

Значения коэффициента и показателей степени  $q, x, y, m, u, p$

$C_v = 332; q=0,2; m=0,2; y=0,4; x=0,1; u=0,2; p=0$  [2,с.407, таб.81]

Коэффициент  $K_v$  – произведение ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \quad [2,с.406]$$

где:  $K_{\Pi}=0,9$ - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

[2, с. 361, таб.5]

$K_{iv}=1,4$ - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

[2, с. 361, таб.6]

$K_m=1,0$ - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого

Материала, который определяется по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} \quad [2, с. 358]$$

где:  $K_r=1,0$  [2, с. 359, таб.2]

$n_v=0,9$  [2, с. 359, таб.2]

$\sigma_B=510$  Мпа – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-88).

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{510}\right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} = 1,41 \cdot 0,9 \cdot 1,4 = 1,77$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = \frac{332 \cdot 32^0}{90^{0,2} \cdot 1,72^{0,1} \cdot 0,16^{0,4} \cdot 6^0} \cdot 1,77 = 470 \text{ м/мин}$$

4. Частота вращения инструмента:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 470}{3,14 \cdot 32} = 4677 \text{ об/мин} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр инструмента.

Подача на минуту:  $S_m = S_0 \cdot n = 0,16 \cdot 4677 = 748,4 \text{ мм/мин}$

5. После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную окружную силу. Главная окружная сила,  $H$ .

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^{n \cdot z}}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad [2, \text{с. 406}]$$

где:  $z$ -число зубьев фрезы;  $n$ -частота вращения фрезы;

Значение коэффициентов и показателей степени в формуле крутящего момента и осевой силы при фрезеровании.

$$C_p = 82,5; \quad x = 0,95; \quad y = 0,8; \quad u = 1,1; \quad q = 1,1; \quad w = 0 \quad [2, \text{с. 412, таб. 83}]$$

Поправочный коэффициент  $K_p = K_{mp}$  [2, с. 386]:

$K_{mp}$  – определяется по формуле  $K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$  [2, с. 362]:

где:  $\sigma_B = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-88)

$$n = 0,3 \quad [2, \text{с. 362, таб. 9}]$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{510}{750}\right)^{0,3} = 0,89$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^{n \cdot z}}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 1,72^{0,95} \cdot 0,16^{0,8} \cdot 6}{32^{1,1} \cdot 0,3^0} \cdot 0,89 = 43 \text{ Н}$$

6. Крутящий момент:  $M_{kp} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{43 \cdot 32}{2 \cdot 100} = 6,88 \text{ Н/м}$  [2, с. 411]:

где:  $P_z$ -сила резания;  $D$ -диаметр заготовки.

7. Мощность резания:  $N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{43 \cdot 470}{1020 \cdot 60} = 0,33 \text{ кВт}$  [2, с. 411]

где:  $V$ - скорость резания.

Мощность привода главного движения:  $N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,33}{0,75} = 0,44 \text{ кВт}$

Так как значение КПД привода нам не известно, то принимаем худший вариант



$$\eta=0,75$$

Мощность электродвигателя вертикально-фрезерного станка DMU 40 – 25 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### Фрезерная операция 010 переход 4

Вертикально-фрезерный станок DMU 40

Инструмент – Фреза концевая Coro Mill 390

Пластина- GC4240PM

$$D= 12; z=3.$$

1. Глубина резания:  $t= 1,3\text{мм}$

2. Подача для данной глубины резания на зуб,  $S_z = 0,13 \text{ мм/зуб}$

Подача на оборот:  $S = S_z \cdot Z = 0,13 \cdot 3 = 0,04 \text{ мм/об}$  [2,с.404, таб.77]

3.Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad [2,с.406]$$

где:  $T=80$  мин – значение стойкости инструмента.  
[2,с.411,таб.82]

Значения коэффициента и показателей степени  $q, x, y, m, u, p$

$C_v = 145; q=0,44; m=0,37; y=0,26; x=0,24; u=0,1; p=0,13$   
[2,с.407,таб.81]

Коэффициент  $K_v$  –произведение ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \quad [2,с.406]$$

где:  $K_{п}=0,9$ - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;  
[2, с. 361, таб.5]

$K_{ив}=1,4$ - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;  
[2, с. 361, таб.6]

$K_{м}=1,0$ - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого

Материала, который определяется по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:  $K_r=1,0$  [2, с. 359, таб.2]

$n_v=0,9$  [2, с. 359, таб.2]

$\sigma_B=510 \text{ Мпа}$ — фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-88).

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{510}\right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} = 1,41 \cdot 0,9 \cdot 1,4 = 1,77$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = \frac{145 \cdot 12^{0,44}}{80^{0,37} \cdot 1,3^{0,24} \cdot 0,13^{0,26} \cdot 30^{0,13}} \cdot 1,77 = 214 \text{ м/мин}$$

4. Частота вращения инструмента:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 214}{3,14 \cdot 12} = 5679 \text{ об/мин} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр инструмента.

Подача на минуту:  $S_m = S_0 \cdot n = 0,13 \cdot 5679 = 738,7 \text{ мм/мин}$

5. После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную окружную силу. Главная окружная сила,  $H$ .

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad [2, \text{с. 406}]$$

где:  $z$ —число зубьев фрезы;  $n$ —частота вращения фрезы;

Значение коэффициентов и показателей степени в формуле крутящего момента и осевой силы при фрезеровании.

$$C_p = 12,5; \quad x = 0,85; \quad y = 0,75; \quad u = 1,0; \quad q = 0,73; \quad w = -0,13 \quad [2, \text{с. 412, таб. 83}]$$

Поправочный коэффициент  $K_p = K_{mp}$  [2, с. 386]:

$K_{mp}$ —определяется по формуле  $K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$  [2, с. 362]:

где:  $\sigma_B = 510 \text{ Мпа}$ — фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-88)

$n = 0,3$  [2, с. 362, таб. 9]

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{510}{750}\right)^{0,3} = 0,89$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^{n \cdot z}}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 1,3^{0,85} \cdot 0,13^{0,75} \cdot 6}{12^{0,73} \cdot 0,3^{-0,13}} \cdot 0,89 = 94 \text{ Н}$$

6. Крутящий момент:  $M_{kp} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{94 \cdot 12}{2 \cdot 100} = 5,64 \text{ Н/м}$  [2, с.411]:

где:  $P_z$ -сила резания;  $D$ -диаметр заготовки.

7. Мощность резания:  $N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{94 \cdot 214}{1020 \cdot 60} = 0,32 \text{ кВт}$  [2, с.411]

где:  $V$ - скорость резания.

Мощность привода главного движения:  $N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,32}{0,75} = 0,42 \text{ кВт}$

Так как значение КПД привода нам не известно, то принимаем худший вариант

$$\eta = 0,75$$

Мощность электродвигателя вертикально-фрезерного станка DMU 40 – 25 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### **Фрезерная операция 010 переход 5**

Вертикально-фрезерный станок DMU 40

Инструмент – Сверло центровочное комбинированное Р6М5: тип А (ГОСТ 14952-75) марку быстрорежущей стали инструмента выбираем по рекомендациям

[2, с. 178, таб.2].

$d=2 \text{ мм}$ ;  $D=5 \text{ мм}$ ;  $l=3,3 \text{ мм}$ ;  $L=42 \text{ мм}$ .

1. Глубина резания:  $t = \frac{D_{2.2}^{cp}}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ мм}$ .

2. Подача для данной глубины резания:  $S=0,13 \text{ мм/об}$  [2, с.381, таб.35]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, \text{с.382}]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T=6 \text{ мин}$  [2, с.384, таб.40]

Определяем значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени  $q, y, m$

$$C_v = 7; q = 0,4; y = 0,7; m = 0,2; \quad [2, \text{с.383, таб.38}].$$

Коэффициент  $K_v$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} \quad [2, \text{с.385}]$$

где:

где:  $K_{lv} = 0,85$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления обрабатываемого

отверстия; [2, с. 385, таб.41]

$K_{nv} = 1,0$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента; [2, с. 361, таб.6]

$K_{mv} = 1,41$  – коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала, который определяется по формуле:  
[2, с. 358]

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:

$$K_r = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$$n_v = 0,9 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$\sigma_v = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{510} \right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 1,2$$

$$\text{Скорость резания: } V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 2^{0,4}}{6^{0,2} \cdot 0,13^{0,7}} \cdot 1,2 = 32 \text{ мм/мин}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр заготовки.

$$N = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 32}{3,14 \cdot 2} = 5095 \text{ об/мин}$$

5. Определяем крутящий момент при сверлении по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_M = 0,0345; \quad q = 2,0; \quad y = 0,8 \quad [2, \text{с. 385, таб.42}]$$

$K_p$  – коэффициент учитывающий фактические условия резания:

$$K_p = K_{mp} \quad [2, \text{с. 386}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad [2, \text{с. 362, таб.9}]$$

$$n = 0,75 \quad [2, \text{с. 362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{510}{750} \right)^{0,75} = 0,74$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 2^2 \cdot 0,13^{0,8} \cdot 0,74 = 0,19 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

6. Определяем осевую силу  $P_0$  на инструмент при сверлении:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определим значение коэффициентов:

$$C_p = 68; \quad q = 1,0; \quad y = 0,7 \quad [2, \text{с. 385, таб.42}]$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 2^1 \cdot 0,13^{0,7} \cdot 0,74 = 231 \text{ Н}$$

7. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad [2, \text{с.386}]$$

$$N_{рез} = \frac{0,19 \cdot 5095}{9750} = 0,09 \text{ кВт}$$

8. Мощность привода главного движения

$N_{шп} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  – берётся из паспорта станка;  $\eta$  – КПД станка

$$N_{шп} = 0,09 \cdot 0,85 = 0,06 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 25 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### **Фрезерная операция 010 переход 6**

Инструмент – Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком Р6М5 (ГОСТ 886-77) марку быстрорежущей стали инструмента выбираем по рекомендациям [2, с. 178, таб.2].

$$d = 6 \text{ мм}; \quad l = 91 \text{ мм}; \quad L = 139 \text{ мм}.$$

$$1. \text{ Глубина резания: } t = \frac{D_{2.2}^{cp}}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ мм}.$$

2. Подача для данной глубины резания:  $S = 0,19$  мм/об [2, с.381, таб.35]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, с.382]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T = 8$  мин [2, с.384, таб.40]

Определяем значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени  $q, y, m$

$C_v = 7; q = 1,0; y = 0,7; m = 0,2; x = 1,2$  [2, с.383, таб.38].

Коэффициент  $K_v$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} \quad [2, с.385]$$

где:

где:  $K_{lv} = 0,85$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления обрабатываемого отверстия; [2, с. 385, таб.41]

$K_{nv} = 1,0$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента; [2, с. 361, таб.6]

$K_{mv} = 1,41$  – коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала, который определяется по формуле: [2, с. 358]

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, с. 358]$$

где:

$K_r = 1,0$  [2, с. 359, таб.2]

$n_v = 0,9$  [2, с. 359, таб.2]

$\sigma_v = 510$  МПа – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{510} \right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 1,2$$

$$\text{Скорость резания: } V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 6^{0,4}}{8^{0,2} \cdot 3^{0,2} \cdot 0,19^{0,7}} \cdot 1,2 = 29 \text{ мм/мин}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 29}{3,14 \cdot 6} = 1539 \text{ об/мин}$$

5. Определяем крутящий момент при рассверливании по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_M = 0,09; \quad q = 1,0; \quad x = 0,9; \quad y = 0,8 \quad [2, \text{с. 385, таб.42}]$$

$K_p$  – коэффициент учитывающий фактические условия резания:

$$K_p = K_{mp} \quad [2, \text{с. 386}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad [2, \text{с. 362, таб.9}]$$

$$n = 0,75 \quad [2, \text{с. 362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{510}{750} \right)^{0,75} = 0,74$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,09 \cdot 6^1 \cdot 3^{0,9} \cdot 0,19^{0,8} \cdot 0,74 = 2,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

6. Определяем осевую силу  $P_0$  на инструмент при рассверливании:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определим значение коэффициентов:

$$C_p = 67; \quad q = 1,0; \quad x = 1,2; \quad y = 0,65 \quad [2, \text{с. 385, таб.42}]$$

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 6^1 \cdot 3^{1,2} \cdot 0,19^{0,65} \cdot 0,74 = 605 \text{ Н}$$

7. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad [2, \text{с.386}]$$

$$N_{рез} = \frac{2,7 \cdot 1539}{9750} = 0,43 \text{ кВт}$$

8. Мощность привода главного движения

$N_{шп} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  – берётся из паспорта станка;  $\eta$  – КПД станка

$$N_{шп} = 0,43 \cdot 0,85 = 0,36 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 25 кВт, она достаточна для выполнения операции.

## Фрезерная операция 010 переход 7

Вертикально-фрезерный станок DMU 40

Инструмент – Фреза концевая Coro Mill 390

Пластина- GC1025-PM

D= 6; z=2.

1. Глубина резания:  $t = \frac{D_{2.3}^{cp} - D_{2.2}^{cp}}{2} = \frac{14,5 - 6}{2} = 4,25 \text{ мм}$

2. Подача для данной глубины резания на зуб,  $S_z = 0,08 \text{ мм/зуб}$

Подача на оборот:  $S = S_z \cdot Z = 0,08 \cdot 2 = 0,16 \text{ мм/об}$  [2,с.404, таб.77]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad [2, \text{с.406}]$$

где: T=80 мин – значение стойкости инструмента.

[2,с.411, таб.82]

Значения коэффициента и показателей степени q, x, y, m, u, p

$C_v = 145$ ;  $q=0,44$ ;  $m=0,37$ ;  $y=0,26$ ;  $x=0,24$ ;  $u=0,1$ ;  $p=0,13$

[2,с.407, таб.81]

Коэффициент  $K_v$  – произведение ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \quad [2, \text{с.406}]$$

где:  $K_{\pi}=0,9$ - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

[2, с. 361, таб.5]

$K_{iv}=1,4$ - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

[2, с. 361, таб.6]

$K_m=1,0$ - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого

Материала, который определяется по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:  $K_r=1,0$

[2, с. 359, таб.2]



$$n_v=0,9$$

[2, с. 359, таб.2]

$\sigma_B=510$  Мра– фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-88).

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{510}\right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v=K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}= 1,41 \cdot 0,9 \cdot 1,4=1,77$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = \frac{145 \cdot 6^{0,44}}{80^{0,37} \cdot 4,25^{0,24} \cdot 0,16^{0,26} \cdot 2^{0,13}} \cdot 1,77 = 107 \text{ м/мин}$$

4. Частота вращения инструмента:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 107}{3,14 \cdot 6} = 5679 \text{ об/мин} \quad [2, \text{ с. 386}]$$

где: V – скорость резания; d – диаметр инструмента.

Подача на минуту:  $S_m=S_0 \cdot n= 0,16 \cdot 5679=908 \text{ мм/мин}$

5. После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную окружную силу. Главная окружная сила, Н.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad [2, \text{ с.406}]$$

где: z-число зубьев фрезы; n-частота вращения фрезы;

Значение коэффициентов и показателей степени в формуле крутящего момента и осевой силы при фрезеровании.

$$C_p= 12,5; \quad x=0,85; \quad y=0,75; \quad u=1,0; \quad q=0,73; \quad w= -0,13 \quad [2, \text{ с.412, таб. 83}]$$

Поправочный коэффициент  $K_p=K_{mp}$  [2, с.386]:

$$K_{mp} \text{—определяется по формуле } K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \quad [2, \text{ с.362}]:$$

где:  $\sigma_B= 510$  Мра– фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-88)

$$n = 0,3 \quad [2, \text{ с.362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{510}{750}\right)^{0,3} = 0,89$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 4,25^{0,85} \cdot 0,16^{0,75} \cdot 2}{6^{0,73} \cdot 0,3^{-0,13}} \cdot 0,89 = 230 \text{ Н}$$

$$6. \text{Крутящий момент: } M_{kp} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{230 \cdot 6}{2 \cdot 100} = 6,9 \text{ Н/м} \quad [2, \text{ с.411}]:$$

где:  $P_z$ -сила резания;  $D$ -диаметр заготовки.

7. Мощность резания: 
$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{230 \cdot 107}{1020 \cdot 60} = 0,4 \text{ кВт} \quad [2, \text{с.411}]$$

где:  $V$ - скорость резания.

Мощность привода главного движения: 
$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,4}{0,75} = 0,53 \text{ кВт}$$

Так как значение КПД привода нам не известно, то принимаем худший вариант

$$\eta = 0,75$$

Мощность электродвигателя вертикально-фрезерного станка DMU 40 – 25кВт, она достаточна для выполнения операции.

### **Фрезерная операция 010 переход 8**

Вертикально-фрезерный станок DMU 40

Инструмент – Сверло центровочное комбинированное Р6М5: тип А (ГОСТ 14952-75) марку быстрорежущей стали инструмента выбираем по рекомендациям

[2, с. 178, таб.2].

$d=2 \text{ мм}$ ;  $D=5 \text{ мм}$ ;  $l=3,3 \text{ мм}$ ;  $L=42 \text{ мм}$ .

1. Глубина резания:  $t = \frac{D_{2.6}^{\text{ср}}}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ мм}$ .

2. Подача для данной глубины резания:  $S= 0,13 \text{ мм/об}$  [2, с.381, таб.35]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, \text{с.382}]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T=6 \text{ мин}$  [2, с.384, таб.40]

Определяем значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени  $q$ ,  $y$ ,  $m$

$$C_v = 7; q = 0,4; y = 0,7; m = 0,2; \quad [2, \text{с.383, таб.38}].$$

Коэффициент  $K_v$  –коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \quad [2, \text{с.385}]$$

где:

где:  $K_{IV} = 0,85$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления обрабатываемого

отверстия; [2, с. 385, таб.41]

$K_{IV} = 1,0$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента; [2, с. 361, таб.6]

$K_{MV} = 1,41$  – коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала, который определяется по формуле:  
[2, с. 358]

$$K_{MV} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:

$K_r = 1,0$  [2, с. 359, таб.2]

$n_v = 0,9$  [2, с. 359, таб.2]

$\sigma_v = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{510} \right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 1,2$$

$$\text{Скорость резания: } V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 2^{0,4}}{6^{0,2} \cdot 0,13^{0,7}} \cdot 1,2 = 32 \text{ мм/мин}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 32}{3,14 \cdot 2} = 5095 \text{ об/мин}$$

5. Определяем крутящий момент при сверлении по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_m = 0,0345; \quad q = 2,0; \quad y = 0,8 \quad [2, \text{с. 385, таб.42}]$$

$K_p$  – коэффициент учитывающий фактические условия резания:

$$K_p = K_{mp} \quad [2, \text{с. 386}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad [2, \text{с. 362, таб.9}]$$

$$n = 0,75 \quad [2, \text{с. 362, таб.9}]$$

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750}\right)^n = \left(\frac{510}{750}\right)^{0,75} = 0,74$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_{\text{м}} \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{\text{р}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 2^2 \cdot 0,13^{0,8} \cdot 0,74 = 0,19 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

6. Определяем осевую силу  $P_0$  на инструмент при сверлении:

$$P_0 = 10 \cdot C_{\text{р}} \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{\text{р}} \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определим значение коэффициентов:

$$C_{\text{р}} = 68; \quad q = 1,0; \quad y = 0,7 \quad [2, \text{с. 385, таб.42}]$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 2^1 \cdot 0,13^{0,7} \cdot 0,74 = 231 \text{ Н}$$

7. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} \quad [2, \text{с.386}]$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{0,19 \cdot 5095}{9750} = 0,09 \text{ кВт}$$

8. Мощность привода главного движения

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{г}} \cdot \eta, \text{ где } N_{\text{г}} - \text{берётся из паспорта станка; } \eta - \text{КПД станка}$$

$$N_{\text{шп}} = 0,09 \cdot 0,85 = 0,06 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 25 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### **Фрезерная операция 010 переход 9**

Вертикально-фрезерный станок DMU 40

Инструмент – Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком Р6М5 (ГОСТ 886-77) марку быстрорежущей стали инструмента выбираем по рекомендациям [2, с. 178, таб.2].

$$d = 6 \text{ мм}; \quad l = 91 \text{ мм}; \quad L = 139 \text{ мм}.$$

$$1. \text{ Глубина резания: } t = \frac{D_{2,5}^{cp}}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ мм}.$$

$$2. \text{ Подача для данной глубины резания: } S = 0,19 \text{ мм/об} \quad [2, \text{с.381, таб.35}]$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, \text{с.382}]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T=8$  мин [2,с.384, таб.40]

Определяем значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени  $q, y, m$

$C_v = 7; q = 1,0; y = 0,7; m = 0,2; x=1,2$  [2, с.383, таб.38].

Коэффициент  $K_v$  –коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} \quad [2, \text{с.385}]$$

где:

где:  $K_{lv} = 0,85$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления обрабатываемого

отверстия; [2, с. 385, таб.41]

$K_{nv} = 1,0$ - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента; [2, с. 361, таб.6]

$K_{mv} = 1,41$  – коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала, который определяется по формуле:  
[2, с. 358]

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:

$K_r = 1,0$  [2, с. 359, таб.2]

$n_v = 0,9$  [2, с. 359, таб.2]

$\sigma_v = 510$ Мпа – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{510} \right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 1,2$$

$$\text{Скорость резания: } V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 6^{0,4}}{8^{0,2} \cdot 3^{0,2} \cdot 0,19^{0,7}} \cdot 1,2 = 29 \text{ мм/мин}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 29}{3,14 \cdot 6} = 1539 \text{ об/мин}$$

5. Определяем крутящий момент при рассверливании по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_M = 0,09; \quad q = 1,0; \quad x = 0,9; \quad y = 0,8 \quad [2, \text{с. 385, таб.42}]$$

$K_p$  – коэффициент учитывающий фактические условия резания:

$$K_p = K_{mp} \quad [2, \text{с. 386}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad [2, \text{с. 362, таб.9}]$$

$$n = 0,75 \quad [2, \text{с. 362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{510}{750} \right)^{0,75} = 0,74$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,09 \cdot 6^1 \cdot 3^{0,9} \cdot 0,19^{0,8} \cdot 0,74 = 2,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

6. Определяем осевую силу  $P_0$  на инструмент при рассверливании:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определим значение коэффициентов:

$$C_p = 67; \quad q = 1,0; \quad x = 1,2; \quad y = 0,65 \quad [2, \text{с. 385, таб.42}]$$

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 6^1 \cdot 3^{1,2} \cdot 0,19^{0,65} \cdot 0,74 = 605 \text{ Н}$$

7. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad [2, \text{с.386}]$$

$$N_{рез} = \frac{2,7 \cdot 1539}{9750} = 0,43 \text{ кВт}$$

8. Мощность привода главного движения

$N_{шп} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  – берётся из паспорта станка;  $\eta$  – КПД станка

$$N_{шп} = 0,43 \cdot 0,85 = 0,36 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 25 кВт, она достаточна для выполнения операции.

## Фрезерная операция 010 переход 10

Вертикально-фрезерный станок DMU 40

Инструмент – Сверло центровочное комбинированное Р6М5: тип А (ГОСТ 14952-75) марку быстрорежущей стали инструмента выбираем по рекомендациям

[2, с. 178, таб.2].

$d=1.25$  мм;  $D=3,15$  мм;  $l=2,2$  мм;  $L=33,5$  мм.

Рабочих ходов -2

1. Глубина резания:  $t = \frac{D_{2.6}^{cp}}{2} = \frac{1,25}{2} = 0,625$  мм.

2. Подача для данной глубины резания:  $S= 0,13$  мм/об [2, с.381, таб.35]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, с.382]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T=6$  мин [2, с.384, таб.40]

Определяем значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени  $q, y, m$

$C_v = 7; q = 0,4; y = 0,7; m = 0,2;$  [2, с.383, таб.38].

Коэффициент  $K_v$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} \quad [2, с.385]$$

где:

где:  $K_{lv} = 0,85$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления обрабатываемого

отверстия; [2, с. 385, таб.41]

$K_{iv} = 1,0$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента; [2, с. 361, таб.6]

$K_{mv} = 1,41$  – коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала, который определяется по формуле: [2, с. 358]

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, с. 358]$$

где:

$$K_r = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$$n_v = 0,9 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$\sigma_v = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{510}\right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{NV} \cdot K_{IV} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 1,2$$

$$\text{Скорость резания: } V = \frac{7 \cdot 1,25^{0,4}}{6^{0,2} \cdot 0,13^{0,7}} \cdot 1,2 = 27 \text{ мм/мин}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot 27}{3,14 \cdot 1,25} = 6878 \text{ об/мин}$$

5. Определяем крутящий момент при сверлении по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_m = 0,0345; \quad q = 2,0; \quad y = 0,8 \quad [2, \text{с. 385, таб.42}]$$

$K_p$  – коэффициент учитывающий фактические условия резания:

$$K_p = K_{mp} \quad [2, \text{с. 386}]$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \quad [2, \text{с. 362, таб.9}]$$

$$n = 0,75 \quad [2, \text{с. 362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{510}{750}\right)^{0,75} = 0,74$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 1,25^2 \cdot 0,13^{0,8} \cdot 0,74 = 0,075 \text{ Н·м}$$

6. Определяем осевую силу  $P_0$  на инструмент при сверлении:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определим значение коэффициентов:

$$C_p = 68; \quad q = 1,0; \quad y = 0,7 \quad [2, \text{с. 385, таб.42}]$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 1,25^1 \cdot 0,13^{0,7} \cdot 0,74 = 151 \text{ Н}$$

7. Определяем мощность резания по формуле:



$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad [2, с.386]$$

$$N_{рез} = \frac{0,075 \cdot 6878}{9750} = 0,05 \text{ кВт}$$

8. Мощность привода главного движения

$N_{шп} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  – берётся из паспорта станка;  $\eta$  – КПД станка

$$N_{шп} = 0,05 \cdot 0,85 = 0,044 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 25 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### **Фрезерная операция 010 переход 11**

Вертикально-фрезерный станок DMU 40

Инструмент – Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком Р6М5 (ГОСТ 886-77) марку быстрорежущей стали инструмента выбираем по рекомендациям [2, с. 178, таб.2].

$d=3,3$  мм;  $l=69$  мм;  $L=106$  мм.

Рабочих ходов – 2

1. Глубина резания:  $t = \frac{D_{2.6}^{cp}}{2} = \frac{3,3}{2} = 1,65$  мм.

2. Подача для данной глубины резания:  $S=0,12$  мм/об [2, с.381, таб.35]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, с.382]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T=6$  мин [2, с.384, таб.40]

Определяем значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени  $q, y, m$

$C_v = 7$ ;  $q = 1,0$ ;  $y = 0,7$ ;  $m = 0,2$ ;  $x=1,2$  [2, с.383, таб.38].

Коэффициент  $K_v$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} \quad [2, с.385]$$

где:  $K_{lv} = 0,85$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления обрабатываемого отверстия; [2, с. 385, таб.41]

$K_{HV} = 1,0$ - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента; [2, с. 361, таб.6]

$K_{MV} = 1,41$  – коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала, который определяется по формуле:

$$K_{MV} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:

$$K_r = 1,0 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$$n_v = 0,9 \quad [2, \text{с. 359, таб.2}]$$

$\sigma_v = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{510} \right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{HV} \cdot K_{IV} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 1,2$$

$$\text{Скорость резания: } V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 3,3^{0,4}}{6^{0,2} \cdot 1,65^{1,2} \cdot 0,12^{0,7}} \cdot 1,2 = 24 \text{ мм/мин}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot 24}{3,14 \cdot 3,3} = 2316 \text{ об/мин}$$

5. Определяем крутящий момент при рассверливании по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_M = 0,09; \quad q = 1,0; \quad x = 0,9; \quad y = 0,8 \quad [2, \text{с. 385, таб.42}]$$

$K_p$  – коэффициент учитывающий фактические условия резания:

$$K_p = K_{MP} \quad [2, \text{с. 386}]$$

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad [2, \text{с. 362, таб.9}]$$

$$n = 0,75 \quad [2, \text{с. 362, таб.9}]$$

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{510}{750} \right)^{0,75} = 0,74$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,09 \cdot 3,3^1 \cdot 1,65^{0,9} \cdot 0,12^{0,8} \cdot 0,74 = 0,26 \text{ Н·м}$$

6. Определяем осевую силу  $P_0$  на инструмент при рассверливании:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определим значение коэффициентов:

$$C_p=67; q=1,0; x=1,2; y=0,65 \quad [2, \text{с. 385, таб.42}]$$

$$P_0=10 \cdot 67 \cdot 3,3^1 \cdot 1,65^{1,2} \cdot 0,12^{0,65} \cdot 0,26=84 \text{Н}$$

7. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} \quad [2, \text{с.386}]$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{0,26 \cdot 2316}{9750} = 0,06 \text{ кВт}$$

8. Мощность привода главного движения

$N_{\text{шп}} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  – берётся из паспорта станка;  $\eta$  – КПД станка

$$N_{\text{шп}} = 0,06 \cdot 0,85 = 0,05 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 25 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### **Фрезерная операция 010 переход 12**

Вертикально-фрезерный станок DMU 40

Инструмент – Инструмент – Зенкеры цельные с коническим хвостовиком Р6М5 (ГОСТ 21582-76) марку быстрорежущей стали инструмента выбираем по рекомендации: [2, с. 178, таб.2].

$$d=8 \text{ мм}; l=57 \text{ мм}; L=93 \text{ мм}.$$

Рабочих ходов – 4

1. Глубина резания:  $t = \frac{D_{2.7}^{\text{сп}} - D_{2.6}^{\text{сп}}}{2} = \frac{8-3,3}{2} = 2,35 \text{ мм}.$

2. Подача для данной глубины резания:  $S = 0,5 \text{ мм/об}$  [2, с.382, таб.36]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, \text{с.382}]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T=6 \text{ мин}$  [2, с.384, таб.40]

Определяем значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени  $q, y, m$

$$C_v = 16,3; q = 0,3; y = 0,5; m = 0,3; x=0,2 \quad [2, \text{с.383, таб.39}].$$

Коэффициент  $K_v$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} \quad [2, \text{с.385}]$$

где:

где:  $K_{lv} = 0,85$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления обрабатываемого

отверстия; [2, с. 385, таб.41]

$K_{iv} = 1,0$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента; [2, с. 361, таб.6]

$K_{mv} = 1,41$  – коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала, который определяется по формуле:  
[2, с. 358]

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:

$K_r = 1,0$  [2, с. 359, таб.2]

$n_v = 0,9$  [2, с. 359, таб.2]

$\sigma_v = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{510} \right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 1,2$$

$$\text{Скорость резания: } V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{16,3 \cdot 6^{0,3}}{6^{0,3} \cdot 2,35^{0,2} \cdot 0,5^{0,5}} \cdot 1,2 = 26 \text{ мм/мин}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot 26}{3,14 \cdot 6} = 1380 \text{ об/мин}$$

5. Определяем крутящий момент при зенковании по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_m=0,09; \quad q=1,0; \quad x=0,9; \quad y=0,8 \quad [2, \text{ с. 385, таб.42}]$$

$K_p$  – коэффициент учитывающий фактические условия резания:

$$K_p=K_{mp} \quad [2, \text{ с. 386}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad [2, \text{ с. 362, таб.9}]$$

$$n=0,75 \quad [2, \text{ с. 362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{510}{750} \right)^{0,75} = 0,74$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,09 \cdot 6^1 \cdot 1,35^{0,9} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 0,74 = 2,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

6. Определяем осевую силу  $P_0$  на инструмент при зенковании:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{ с. 385}]$$

Определим значение коэффициентов:

$$C_p=67; \quad x=1,2; \quad y=0,65 \quad [2, \text{ с. 385, таб.42}]$$

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 6 \cdot 2,35^{1,2} \cdot 0,5^{0,65} \cdot 2,9 = 10502 \text{ Н}$$

7. Определяем мощность резания по формуле:

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad [2, \text{ с.386}]$$

$$N_{рез} = \frac{2,9 \cdot 1380}{9750} = 0,41 \text{ кВт}$$

8. Мощность привода главного движения

$N_{шп} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  – берётся из паспорта станка;  $\eta$  – КПД станка

$$N_{шп} = 0,41 \cdot 0,75 = 0,3 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 25 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### **Фрезерная операция 010 переход 13**

Вертикально-фрезерный станок DMU 40

Инструмент – Метчик CoroTap™ 300 T300-SD101DA-M4 D125

Рабочих ходов - 2

1. Глубина резания:  $t = H$  (высота профиля резьбы)

$$H(M4-7H) = 0,379 \text{ мм}$$

$$t = 0,375 \text{ мм}$$

2. Подача для данной глубины резания равна шагу резьбы:  $S = 0,7 \text{ мм/об}$

3. Скорость резания при нарезании метрической резьбы метчиками определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m \cdot S^y}} \cdot K_v \quad [2, \text{с.432}]$$

где:  $T=90$  мин – значение стойкости инструмента.

[2, с.431, таб.118]

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени  $x, q, y, m$  в формулах скорости резания при обработке метчиком:

$$C_v = 64; \quad m = 0,9; \quad q = 1,2; \quad y = 0,5$$

[2, с.433, таб.120]

Коэффициент  $K_v$  – произведение ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{cv} \quad [2, \text{с.431}]$$

где:  $K_{cv}=0,75$  – коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы, если резьба нарезается одним чистовым резцом [2, с. 431]

$K_{iv}=1,0$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

$K_{mv}=0,7$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала

$K_{tv}=1,0$  – коэффициент, учитывающий точность нарезания резьбы

[2, с. 433, таб.119]

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} = 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 0,7$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m \cdot S^y}} \cdot K_v = \frac{64 \cdot 8 \cdot 4^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 0,7^{0,5}} \cdot 0,7 = 4,9 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 432}]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр инструмента.

$$n = \frac{1000 \cdot 4,9}{3,14 \cdot 4} = 390 \text{ об/мин.}$$

5. Определяем крутящий момент при нарезании резьбы метчиками по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 432}]$$

Определяем значения коэффициентов и показателей степени в формулах силовых значений при нарезании резьбы:

$$C_m = 0,0130; \quad q=1,4; \quad y=1,5; \quad [2, \text{с.433, таб.120}]$$

$K_p = K_{мр}$  - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала.

$$K_{мр} = 1,3 \quad [2, \text{с.433, таб.119}]$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0130 \cdot 4^{1,4} \cdot 0,7^{1,5} \cdot 1,3 = 0,68 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

6. Определяем мощность при нарезании резьбы метчиками по формуле:

$$N_{рез} = \frac{M \cdot n}{975} \quad [2, \text{с.432}]$$

$$N_{рез} = \frac{0,68 \cdot 390}{975} = 0,27 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения

$N_{шп} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  – берётся из паспорта станка;  $\eta$  - КПД станка

$$N_{шп} = 0,27 \cdot 0,85 = 0,23 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 25 кВт, она достаточна для выполнения.

### **Фрезерная операция 010 переход 14**

Вертикально-фрезерный станок DMU 40

Инструмент – Метчик CorgoTap™ 300 T300-SD101DA-M4 D125

Рабочих ходов - 2

1. Глубина резания:  $t = H$  (высота профиля резьбы)

$$H(M4-7H) = 0,379 \text{ мм}$$

$$t = 0,375 \text{ мм}$$

2. Подача для данной глубины резания равна шагу резьбы:  $S = 0,7 \text{ мм/об}$

3. Скорость резания при нарезании метрической резьбы метчиками определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m \cdot S_y}} \cdot K_v \quad [2, \text{с.432}]$$

где:  $T = 90$  мин – значение стойкости инструмента. [2, с.431, таб.118]

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени  $x, q, y, m$  в формулах скорости резания при обработке метчиком:

$$C_v = 64; \quad m = 0,9; \quad q = 1,2; \quad y = 0,5 \quad [2, \text{с.433, таб.120}]$$

Коэффициент  $K_v$  – произведение ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{cv} \quad [2, \text{с.431}]$$

где:  $K_{cv}=0,75$  – коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы, если резьба нарезается одним чистовым резцом [2, с. 431]

$K_{iv}=1,0$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

$K_{mv}=0,7$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала

$K_{tv}=1,0$  – коэффициент, учитывающий точность нарезания резьбы

$$[2, \text{с. 433, таб.119}]$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} = 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 0,7$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m \cdot S^y}} \cdot K_v = \frac{64 \cdot 8 \cdot 4^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 0,7^{0,5}} \cdot 0,7 = 4,9 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{с. 432}]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр инструмента.

$$n = \frac{1000 \cdot 4,9}{3,14 \cdot 4} = 390 \text{ об/мин.}$$

5. Определяем крутящий момент при нарезании резьбы метчиками по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \quad [2, \text{с. 432}]$$

Определяем значения коэффициентов и показателей степени в формулах силовых значений при нарезании резьбы:

$$C_m = 0,0130; \quad q = 1,4; \quad y = 1,5; \quad [2, \text{с.433, таб.120}]$$

$K_p = K_{mp}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала.

$$K_{mp} = 1,3 \quad [2, \text{с.433, таб.119}]$$



$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0130 \cdot 4^{1,4} \cdot 0,7^{1,5} \cdot 1,3 = 0,68 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

6. Определяем мощность при нарезании резьбы метчиками по формуле:

$$N_{рез} = \frac{M \cdot n}{975} \quad [2, \text{с.432}]$$

$$N_{рез} = \frac{0,68 \cdot 390}{975} = 0,27 \text{ кВт}$$

7. Мощность привода главного движения

$N_{шп} = N_g \cdot \eta$ , где  $N_g$  – берётся из паспорта станка;  $\eta$  – КПД станка

$$N_{шп} = 0,27 \cdot 0,85 = 0,23 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 25 кВт, она достаточна для выполнения.

### **Фрезерная операция 015 переход 1**

Вертикально фрезерный широкоуниверсальный станок 675

Инструмент – Фреза шпоночная из быстрорежущей стали (ГОСТ 9304-69)  
марку твердого сплава инструмента выбираем по рекомендациям

[2, с. 180, таб.3].

$D = 10$ ;  $d = 10 \text{ мм}$ ;  $l = 13 \text{ мм}$ ;  $L = 63 \text{ мм}$ ;  $z = 2$ .

$$1. \text{ Глубина резания: } t = \frac{D_{1.1}^{cp} - D_{3.1}^{cp}}{2} = \frac{20 - 17}{2} = 1,5 \text{ мм}$$

2. Подача для данной глубины резания на зуб,  $S_z = 0,09 \text{ мм/зуб}$

Подача на оборот:  $S = S_z \cdot Z = 0,09 \cdot 2 = 0,18 \text{ мм/об}$  [2, с.404, таб.77]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad [2, \text{с.406}]$$

где:  $T = 120 \text{ мин}$  – значение стойкости инструмента. [2, с.411, таб.82]

Значения коэффициента и показателей степени  $q, x, y, m, u, p$

$C_v = 332$ ;  $q = 0,2$ ;  $m = 0,2$ ;  $y = 0,4$ ;  $x = 0,1$ ;  $u = 0,2$ ;  $p = 0$  [2, с.407, таб.81]

Коэффициент  $K_v$  – произведение ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \quad [2, \text{с. 406}]$$

где:  $K_{nv}=0,9$ - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;  
[2, с. 361, таб.5]

$K_{iv}=1,0$ - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;  
[2, с. 361, таб.6]

$K_{mv}=1,41$ - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого  
Материала, который определяется по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:  $K_r=1,0$  [2, с. 359, таб.2]

$n_v=0,9$  [2, с. 359, таб.2]

$\sigma_B=510$  Мпа– фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-88).

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{510}\right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} = 1,41 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,27$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = \frac{332 \cdot 10^{0,2}}{120^{0,2} \cdot 1,5^{0,1} \cdot 0,09^{0,4} \cdot 10^{0,2} \cdot 2^0} \cdot 1,27 = 20 \text{ м/мин}$$

4. Частота вращения инструмента:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 10} = 650 \text{ об/мин} \quad [2, \text{с. 386}]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр инструмента.

Подача на минуту:  $S_m = S_0 \cdot n = 0,18 \cdot 650 = 117 \text{ мм/мин}$

5. После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную окружную силу. Главная окружная сила,  $H$ .

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad [2, \text{с. 406}]$$

где:  $z$ -число зубьев фрезы;  $n$ -частота вращения фрезы;

Значение коэффициентов и показателей степени в формуле крутящего момента и осевой силы при фрезеровании.

$$C_p = 82,5; \quad x=0,86; \quad y=0,72; \quad u=1,0; \quad q=0,86; \quad w=0 \quad [2, \text{с.412, таб. 83}]$$

Поправочный коэффициент  $K_p=K_{mp}$  [2, с.386]:

$$K_{mp} \text{ —определяется по формуле } K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \quad [2, \text{с.362}]:$$

где:  $\sigma_B = 510 \text{ МПа}$ — фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-88)

$$n = 0,3 \quad [2, \text{с.362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{510}{750}\right)^{0,3} = 0,89$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 0,09^{0,86} \cdot 0,16^{0,72} \cdot 2}{10^{0,86} \cdot 650^0} \cdot 0,89 = 26,3 \text{ Н}$$

$$6. \text{Крутящий момент: } M_{kp} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{26,3 \cdot 10}{2 \cdot 100} = 1,3 \text{ Н/м} \quad [2, \text{с.411}]:$$

где:  $P_z$ -сила резания;  $D$ -диаметр заготовки.

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{26,3 \cdot 20}{1020 \cdot 60} = 0,008 \text{ кВт} \quad [2, \text{с.411}]$$

где:  $V$ - скорость резания.

$$7. \text{Мощность привода главного движения: } N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,008}{0,75} = 0,01 \text{ кВт}$$

Так как значение КПД привода нам не известно, то принимаем худший вариант

$$\eta = 0,75$$

Мощность электродвигателя вертикально-фрезерного станка 675 – 1,7 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### **Фрезерная операция 015 переход 2**

Вертикально фрезерный широкоуниверсальный станок 675

Инструмент – Фреза шпоночная из быстрорежущей стали (ГОСТ 9304-69) марку твердого сплава инструмента выбираем по рекомендациям

[2, с. 180, таб.3].

$$D = 10; \quad d = 10 \text{ мм}; \quad l = 13 \text{ мм}; \quad L = 63 \text{ мм}; \quad z = 2.$$

1. Глубина резания:  $t = 1,5 \text{ мм}$

2. Подача для данной глубины резания на зуб,  $S_z = 0,09 \text{ мм/зуб}$

Подача на оборот:  $S = S_z \cdot Z = 0,09 \cdot 2 = 0,18 \text{ мм/об}$  [2, с.404, таб.77]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad [2, \text{с.406}]$$

где:  $T=120$  мин – значение стойкости инструмента. [2, с.411, таб.82]

Значения коэффициента и показателей степени  $q, x, y, m, u, p$

$C_v = 332$ ;  $q=0,2$ ;  $m=0,2$ ;  $y=0,4$ ;  $x=0,1$ ;  $u=0,2$ ;  $p=0$  [2, с.407, таб.81]

Коэффициент  $K_v$  – произведение ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \quad [2, \text{с.406}]$$

где:  $K_{nv}=0,9$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

[2, с. 361, таб.5]

$K_{iv}=1,0$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

[2, с. 361, таб.6]

$K_{mv}=1,41$  – коэффициент учитывающий качество обрабатываемого

Материала, который определяется по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:  $K_r=1,0$  [2, с. 359, таб.2]

$n_v=0,9$  [2, с. 359, таб.2]

$\sigma_B=510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-88).

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{510}\right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} = 1,41 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,27$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = \frac{332 \cdot 10^{0,2}}{120^{0,2} \cdot 1,5^{0,1} \cdot 0,09^{0,4} \cdot 10^{0,2} \cdot 2^0} \cdot 1,27 = 20 \text{ м/мин}$$

4. Частота вращения инструмента:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 10} = 650 \text{ об/мин} \quad [2, \text{ с. 386}]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр инструмента.

Подача на минуту:  $S_m = S_0 \cdot n = 0,18 \cdot 650 = 117 \text{ мм/мин}$

5. После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную окружную силу. Главная окружная сила,  $H$ .

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad [2, \text{ с.406}]$$

где:  $z$  – число зубьев фрезы;  $n$  – частота вращения фрезы;

Значение коэффициентов и показателей степени в формуле крутящего момента и осевой силы при фрезеровании.

$$C_p = 82,5; \quad x = 0,86; \quad y = 0,72; \quad u = 1,0; \quad q = 0,86; \quad w = 0 \quad [2, \text{ с.412, таб. 83}]$$

Поправочный коэффициент  $K_p = K_{mp}$  [2, с.386]:

$$K_{mp} \text{ – определяется по формуле } K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \quad [2, \text{ с.362}]:$$

где:  $\sigma_B = 510 \text{ МПа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-88)

$$n = 0,3 \quad [2, \text{ с.362, таб.9}]$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{510}{750}\right)^{0,3} = 0,89$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 0,09^{0,86} \cdot 0,16^{0,72} \cdot 2}{10^{0,86} \cdot 650^0} \cdot 0,89 = 26,3 \text{ Н}$$

$$6. \text{ Крутящий момент: } M_{kp} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{26,3 \cdot 10}{2 \cdot 100} = 1,3 \text{ Н/м} \quad [2, \text{ с.411}]$$

где:  $P_z$  – сила резания;  $D$  – диаметр заготовки.

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{26,3 \cdot 20}{1020 \cdot 60} = 0,008 \text{ кВт} \quad [2, \text{ с.411}]$$

где:  $V$  – скорость резания.

7. Мощность привода главного движения:  $N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,008}{0,75} = 0,01 \text{ кВт}$

Так как значение КПД привода нам не известно, то принимаем худший вариант

$\eta = 0,75$

Мощность электродвигателя вертикально-фрезерного станка 675 – 1,7 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### 1.11 Расчет основного времени для каждой операции и перехода

Основное время – время, затрачиваемое на движение инструмента на рабочей подаче.

Основное время для токарных работ определяем по формуле [5, с. 610]:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}$$

Где L –расчётная длина обработки, мм;

i –число рабочих ходов;

n –частота вращения шпинделя, об/мин;

S –подача, мм/об или мм/мин.

Расчётная длина обработки [5, с. 610]:

$$L = l + l_1 + l_2$$

Где l– длина обрабатываемой поверхности, мм;

L<sub>1</sub>– величина врезания инструмента, мм [2, с.620,табл 2];

L<sub>2</sub>– величина перебега инструмента, мм [2, с.620,таб.2].

Основное время для резьбонарезных работ определяем по формуле

[5, с. 610]: 
$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}$$

Где L –расчётная длина обработки, мм;

i –число рабочих ходов;

n –частота вращения шпинделя, об/мин;

S –подача, мм/об или мм/мин.

Расчётная длина обработки [5, с. 610]:

$$L = l + l_1 + l_2$$

Где l– длина обрабатываемой поверхности, мм;

L<sub>1</sub>– величина врезания инструмента, мм [2, с.621,таб.5];

L<sub>2</sub>– величина перебега инструмента, мм [2, с.621,таб.5].

Основное время для сверлильных и расточных работ определяем по формуле[5, с. 611]: 120

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}$$

Где L –расчётная длина обработки, мм.;

i –число рабочих ходов;

n –частота вращения шпинделя, об/мин;

S –подача, мм/об или мм/мин.

Расчётная длина обработки [5, с. 611]:

$$L=l+l_1+l_2$$

Где l– длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_1$ – величина врезания инструмента, мм [2, с.620,таб.3,4];

$l_2$ – величина перебега инструмента, мм– [2, с.620,таб.3,4];

Основное время для фрезерных работ определяем по формуле [5, с. 613]:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}$$

Где L –расчётная длина обработки, мм;

i –число рабочих ходов;

n –частота вращения шпинделя, об/мин;

S –подача, мм/об или мм/мин.

Расчётная длина обработки [5, с. 613]:

$$L=l+l_1+l_2$$

Где l– длина обрабатываемой поверхности, мм;

$L_1$ – величина врезания инструмента, мм [2, с.620,таб.6-8];

$L_2$ – величина перебега инструмента, мм[2, с.620,таб.6-8];

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S}$$



Токарная операция 1 переход 1:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(15+1+0) \cdot 1}{2653 \cdot 0,4} = 0,015 \text{ мин.}$$

Токарная операция 1 переход 2:

$$T_{o1} = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(36,8+2,5+0) \cdot 1}{2654 \cdot 0,3} = 0,049 \text{ мин.}$$

$$T_{o2} = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(36,8+1,5+0) \cdot 1}{4357 \cdot 0,4} = 0,022 \text{ мин.}$$

$$T_{o3} = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(38+1+0) \cdot 1}{4734 \cdot 0,2} = 0,04 \text{ мин.}$$

Токарная операция 1 переход 3:

$$T_{o1} = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(3,8+3+) \cdot 1}{3232 \cdot 0,5} = 0,004 \text{ мин.}$$

$$T_{o2} = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(3,8+3+) \cdot 1}{4617 \cdot 0,5} = 0,003 \text{ мин.}$$

$$T_{o3} = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(4+1+) \cdot 1}{10580 \cdot 0,35} = 0,001 \text{ мин.}$$

Токарная операция 1 переход 4:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(13,6+0,075+0) \cdot 1}{4522 \cdot 0,2} = 0,015 \text{ мин.}$$

Токарная операция 1 переход 5:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(4,5+1,5+0) \cdot 1}{4283 \cdot 0,3} = 0,004 \text{ мин.}$$

Токарная операция 1 переход 6:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(0,5+0+0) \cdot 1}{3015 \cdot 0,15} = 0,001 \text{ мин.}$$

Токарная операция 1 переход 7:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(2,5+0,625+0) \cdot 1}{6878 \cdot 0,13} = 0,003 \text{ мин.}$$

Токарная операция 1 переход 8:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(50+1,65+0) \cdot 1}{3763 \cdot 0,13} = 0,1 \text{ мин.}$$

Токарная операция 1 переход 9:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(3+2+0) \cdot 1}{3343 \cdot 0,13} = 0,01 \text{ мин.}$$

Токарная операция 1 переход 10:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(8+0,379+0) \cdot 1}{390 \cdot 0,7} = 0,03 \text{ мин.}$$

Токарная операция 1 переход 11

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(12+0,15+0) \cdot 1}{3064 \cdot 1,5} = 0,026 \text{ мин.}$$

Токарная операция 1 переход 12

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(15+0+5) \cdot 1}{2229 \cdot 0,12} = 0,074 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 2 переход 1:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(26,5+4+0) \cdot 4}{2380 \cdot 01,2} = 0,05 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 2 переход 2:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(17,22+3,25+0) \cdot 2}{4359 \cdot 0,96} = 0,009 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 2 переход 3:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(6,8+1,72+0) \cdot 2}{4677 \cdot 0,96} = 0,003 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 2 переход 4:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(17+1,3+0) \cdot 1}{5679 \cdot 0,04} = 0,08 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 2 переход 5:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(3+2,5+0) \cdot 1}{5095 \cdot 0,13} = 0,008 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 2 переход 6:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(10,6+3+0) \cdot 1}{1539 \cdot 0,19} = 0,046 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 2 переход 7:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(14,5+4,25+0) \cdot 1}{5679 \cdot 0,16} = 0,02 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 2 переход 8:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(2+2,5+0) \cdot 1}{5095 \cdot 0,13} = 0,006 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 2 переход 9:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(3+3+0) \cdot 1}{1539 \cdot 0,19} = 0,02 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 2 переход 10:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(2,5+0,625+0) \cdot 1}{6878 \cdot 0,13} = 0,003 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 2 переход 11:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(22+1,65+2) \cdot 2}{2316 \cdot 0,12} = 0,18 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 2 переход 12:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(2,5+2,35+0) \cdot 4}{1380 \cdot 0,5} = 0,02 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 2 переход 13:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(8+0,375+0) \cdot 2}{390 \cdot 0,7} = 0,06 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 2 переход 14:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(8+0,375+0) \cdot 2}{390 \cdot 0,7} = 0,06 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 3 переход 1:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(10+1,5+0) \cdot 1}{650 \cdot 0,18} = 0,09 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 3 переход 2:

$$T_o = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(10+1,5+0) \cdot 1}{650 \cdot 0,18} = 0,09 \text{ мин.}$$

## 1.12 Определение штучно-калькуляционного времени

Штучно-калькуляционное время-это время, состоящее из штучного времени и доли подготовительно-заключительного времени, приходящейся на одну деталь.

В серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени  $T_{шт.к}$

$$T_{шт.к} = \frac{T_{шт.} + T_{п.з.}}{n} \quad [3, с.96]$$

Где:  $T_{шт.}$ -штучное время;

$T_{п.з.}$ -подготовительно-заключительное время; [3, с.242, таб.П10.8.];

$n$ - количество деталей в настрочной партии,  $n = \frac{N}{12} = \frac{8400}{12} = 700$  шт.

Штучное время определяем по формуле :

$$T_{шт.} = T_o + T_v \cdot K_{сер} + T_{тех} + T_{орг} + T_{отд} \quad [3, с.96]$$

Где:  $T_o$ -основное время;

$T_v$ -вспомогательное время;

$T_{тех}$ -время на техническое обслуживание рабочего места;

$T_{орг}$ -время на организационное обслуживание рабочего места;

$T_{отд}$ -время на отдых.

Вспомогательное время определяем по формуле:

$$T_v = T_{в.уст.} + T_{з.о.} + T_{и.з.} \quad [3, с.98]$$

Где:

$T_{в.уст.}$  -время на установку и снятие детали [3, с.234, таб.П10.1.];

$T_{з.о.}$  - время на закрепление и открепление детали [3, с.238, таб.П10.4];

$T_{и.з.}$  - время на измерение детали [3, с.240, таб.П10.7];

Время на обслуживание и отдых:  $T_{о.т.} = 15\% + T_{опер.}$

Оперативное время:  $T_{опер.} = T_o + T_v$

### Токарная операция 1

$$T_o = 0,307 \text{ мин.}$$

$$T_b = 0,0206 + 0,024 + 0,07 + 1,414 = 1,528 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{опер.}} = 0,307 + 1,528 = 1,835 \text{ мин.}$$

$$T_{o.t.} = 15\% \cdot 1,835 = 0,275 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт.}} = 0,307 + 1,528 + 0,275 = 1,528 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{п.з.}} = 25 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт.к}} = \frac{1,528 + 25}{700} = 0,0378 \text{ мин.}$$

### Фрезерно-сверлильная операция 2

$$T_o = 0,565 \text{ мин.}$$

$$T_b = 0,12 + 0,024 + 0,07 + 0,558 = 0,702 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{опер.}} = 0,565 + 0,702 = 1,267 \text{ мин.}$$

$$T_{o.t.} = 15\% \cdot 1,267 = 0,19 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт.}} = 0,565 + 0,702 + 0,19 = 1,457 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{п.з.}} = 35 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт.к}} = \frac{1,457 + 35}{700} = 0,05 \text{ мин.}$$

### Фрезерная операция 3

$$T_o = 0,18 \text{ мин.}$$

$$T_b = 0,188 + 0,024 + 0,07 + 0,558 = 0,84 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{опер.}} = 0,18 + 0,84 = 1,02 \text{ мин.}$$

$$T_{o.t.} = 15\% \cdot 1,02 = 0,153 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт.}} = 0,188 + 0,84 + 0,153 = 1,181 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{п.з.}} = 13,7 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт.к}} = \frac{1,181 + 13,7}{700} = 0,02 \text{ мин.}$$

## **2. Конструкторская часть**

### **2.1 Анализ исходных данных и разработка технического задания на проектирование станочного приспособления.**

#### **1. Наименование и область применения:**

Приспособление для установки и закрепления детали «Держатель» на вертикально-фрезерном станке DMU 40.

#### **2. Цель и назначение разработки:**

Создать экономичную в изготовлении и работоспособную конструкцию приспособления, отвечающую всем требованиям.

Приспособление должно обеспечивать точную установку и надёжное закрепление заготовки, с целью получения необходимой точности размеров, а также удобства установки и снятия заготовки.

#### **3. Технические требования:**

Тип производства – среднесерийное.

Программа выпуска -8400шт. в год

Параметры заготовки: высота заготовки –  $63,5_{-0,5}$

$R_a - 6,3$

сечение зажима M20X1,5

Операция выполняется за 14 переходов.

## 2.2 Разработка расчётной схемы.

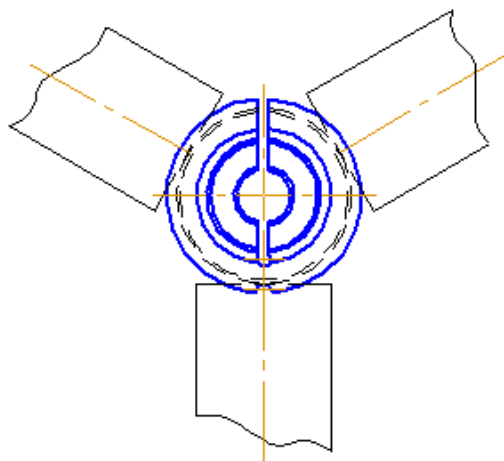


Рисунок 32. Схема зажима заготовки в приспособлении.

Общий вид приспособления показан на чертеже в приложении 4.

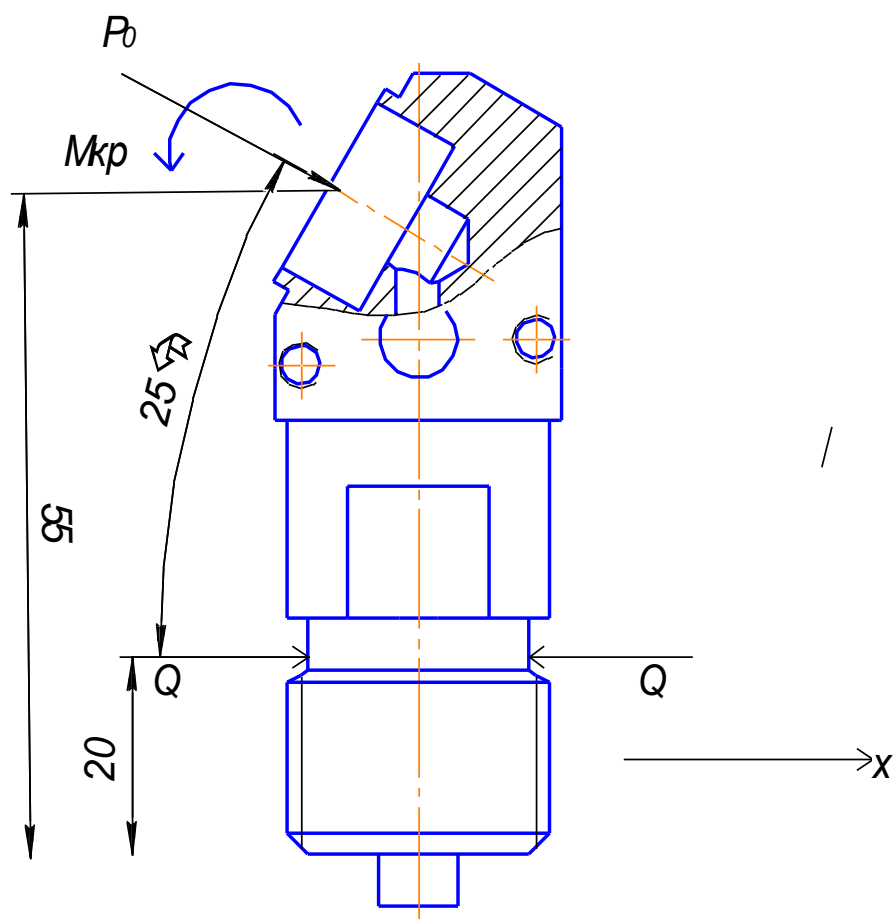


Рисунок 33. Расчёт силы зажима.

## 2.3 Определение необходимой силы зажима.

Самая большая нагрузка на приспособление будет идти при сверлении отверстия Ø6. На заготовку будут действовать следующие внешние силы и моменты, стремящиеся сдвинуть заготовку:

-осевая сила резания  $P_0$ , Н;

-момент резания  $M_{кр}$ , Н·м.

Расчёт силы зажима от осевой силы:

1. Глубина резания:  $t = \frac{D_{2.2}^{cp}}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ мм.}$

2. Подача для данной глубины резания:  $S = 0,19 \text{ мм/об}$  [2, с.381, таб.35]

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, \text{с.382}]$$

значение стойкости инструмента принимаем:  $T = 8 \text{ мин}$  [2, с.384, таб.40]

Определяем значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени  $q, y, m$

$C_v = 7; q = 1,0; y = 0,7; m = 0,2; x = 1,2$  [2, с.383, таб.38].

Коэффициент  $K_v$  – коэффициент произведения ряда коэффициентов

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{Iv} \quad [2, \text{с.385}]$$

где:

где:  $K_{Iv} = 0,85$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления обрабатываемого отверстия; [2, с. 385, таб.41]

$K_{iv} = 1,0$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента; [2, с. 361, таб.6]

$K_{mv} = 1,41$  – коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала, который определяется по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [2, \text{с. 358}]$$

где:

$K_r = 1,0$  [2, с. 359, таб.2]



$$n_v = 0,9$$

[2, с. 359, таб.2]

$\sigma_v = 510 \text{ Мпа}$  – фактические параметры (прокат по ГОСТ 2590-2006)

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{510}\right)^{0,9} = 1,41$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{NV} \cdot K_{IV} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 1,2$$

$$\text{Скорость резания: } V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 6^{0,4}}{8^{0,2} \cdot 3^{0,2} \cdot 0,19^{0,7}} \cdot 1,2 = 29 \text{ мм/мин}$$

4. Частота вращения заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \quad [2, \text{ с. } 386]$$

где:  $V$  – скорость резания;  $d$  – диаметр заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 29}{3,14 \cdot 6} = 1539 \text{ об/мин}$$

5. Определяем крутящий момент при рассверливании по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{ с. } 385]$$

Определяем значения коэффициентов:

$$C_M = 0,09; \quad q = 1,0; \quad x = 0,9; \quad y = 0,8 \quad [2, \text{ с. } 385, \text{ таб.42}]$$

$K_p$  – коэффициент учитывающий фактические условия резания:

$$K_p = K_{MP} \quad [2, \text{ с. } 386]$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \quad [2, \text{ с. } 362, \text{ таб.9}]$$

$$n = 0,75 \quad [2, \text{ с. } 362, \text{ таб.9}]$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{510}{750}\right)^{0,75} = 0,74$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{MP} = 10 \cdot 0,09 \cdot 6^1 \cdot 0,19^{0,8} \cdot 0,74 = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

6. Определяем осевую силу  $P_0$  на инструмент при сверлении:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{ с. } 385]$$

Определим значение коэффициентов:

$$C_p = 67; \quad q = 1,0; \quad x = 1,2; \quad y = 0,65 \quad [2, \text{ с. } 385, \text{ таб.42}]$$

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 6^1 \cdot 3^{1,2} \cdot 0,19^{0,65} \cdot 0,74 = 605 \text{ Н}$$

Определяем  $Q = 605 \cdot P \cos 25^\circ \cdot \cos 45^\circ \cdot \frac{55}{20} = 605 \cdot 0.906 \cdot 0.707 \cdot 2.75 = 1065 \text{ Н}$ .

Для определения силы зажима в контактном звене составим уравнение равновесия заготовки под действием всех сил относительно её оси:

$$k \cdot M_{\text{кр}} - M_{\text{тр1}} - M_{\text{тр2}} = 0$$

где:  $M_{\text{кр}}$  - суммарный момент силы резания, поворачивающий заготовку относительно оси,  $M_{\text{кр}} = 1 \text{ Нм}$

$k$  - коэффициент запаса,  $k = 3.88$

$M_{\text{тр1}}$ ,  $M_{\text{тр2}}$  - моменты трения в стыках заготовка-установочные элементы приспособления.

Момент трения  $M_{\text{тр2}}$  в местах контакта заготовки с кулачками:

$$M_{\text{тр2}} = 3 \cdot Q \cdot f_2 \cdot \frac{D}{2},$$

где  $Q$  - сила зажима, создаваемая на кулачке трехкулачкового патрона;

$f_2 = 0.7$  - значения коэффициента трения;

$D = 20 \text{ мм} = 0.020 \text{ м}$  - диаметр установочной поверхности заготовки;

Тогда,

$$Q = \frac{k \cdot M_{\text{кр}}}{(3 \cdot f_2 \cdot \frac{D}{2})} = \frac{3.88 \cdot 1}{3 \cdot 0.7 \cdot \frac{0.020}{2}} = 0.18 \text{ Н}$$

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8ЛЗ1	Казаковой Наталие Анатольевне

УДК 621.81-229.27.002

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа новых производственных технологий</b>	<b>Отделение</b>	<b>Отделение материаловедения</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Бакалавр</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>15.03.01 «Машиностроение»</b>

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад научного руководителя – 17000 руб. Оклад инженера – 17000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент научного руководителя 30%; Доплаты и надбавки научного руководителя 40%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30%

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	- определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта; - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления во внебюджетные фонды; - накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение эффективности исследования

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценочная карта конкурентных технических решений
2. График Гантта
3. Расчет бюджета затрат на НИИ

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Старикова Екатерина Васильевна	к.ф.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8ЛЗ1	Казакова Наталия Анатольевна		

### **3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.**

Целью данного исследования является оценка экономической эффективности модернизации технологического процесса изготовления держателя манометра. При усовершенствовании технологического процесса требуется привлечение финансовых затрат и трудовых ресурсов, которые должны быть экономически оправданы. Усовершенствованный технологический процесс будет являться более экономичным за счёт уменьшения штучного времени.

Сравнительная экономическая эффективность - разность между сравниваемыми общими величинами экономического эффекта исчисляемыми при различных вариантах (вновь разрабатываемый вариант и базовый). Себестоимость продукции - денежное выражение текущих затрат на производство и реализацию продукции. Себестоимость продукции - часть стоимости включающая затраты на потребление средств производства и оплату труда.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

3.1.1 Потенциальные потребители услуг по разработке технологического процесса изготовления детали «Держатель».

Для анализа потребителей услуг по разработке технологического процесса изготовления детали «Держатель» был рассмотрен целевой рынок и проведено его сегментирование.

Учитывая результаты исследования, критериями сегментирования выбрана отрасль «машиностроение», выпускаемая продукция – «Держатель», используемый тип производства – среднесерийное производство.

На основании этих критериев сформирована карта сегментирования рынка услуг по разработке технологического процесса изготовления детали «Держатель» представленная на рисунке 1.

Тип серийного производства		Услуги по разработке технологического процесса изготовления детали «Держатель»									
	Среднесерийное										

Рис. 3.1. Карта сегментирования рынка услуг по разработке технологического процесса изготовления детали «Держатель»:



Деталь «Держатель» изготавливается, как часть изделия «Манометр», который, в свою очередь изготавливается по заказу машиностроительных, судоремонтных предприятий, нефтегазодобывающих компаний, жилищно-коммунальных организаций и частных лиц.

В ходе исследования выявлено, что предложения на рынке услуг по разработке технологического процесса изготовления детали «Держатель» основаны на совершенствовании технологического процесса изготовления детали «Держатель» при среднесерийном производстве. Разработанный в рамках выпускной квалификационной работы технологический процесс изготовления детали «Держатель» ориентирован на реализацию в внутри предприятия ОАО «Манотомь». Преимущество разработанного технологического процесса перед уже существующими на рынке заключается в низкой металлоемкости и трудоемкости, в финансовой эффективности разработанного технологического процесса.

### 3.2. Анализ конкурентных технических решений.

#### 3.1.2 Определение качества технологического процесса изготовления детали «Держатель» и его перспективности на рынке с помощью технологии QuaD.

С целью измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющих принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект, применена технология QuaD. Результаты применения указанной технологии представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1. – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Вес	0,04	80	100	0,75	0,03
2. Динамический диапазон	0,02	80	100	0,8	0,016
3. Унифицированность	0,02	50	100	0,4	0,008
4. Уровень материалоемкости разработки	0,3	85	100	0,85	0,255
5. Долговечность	0,01	85	100	0,55	0,0055
6. Безопасность	0,03	70	100	0,50	0,015
7. Повышение производительности труда	0,02	75	100	0,6	0,012
8. Ремонтопригодность	0,2	70	100	0,75	0,15
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					

9. Конкурентоспособность продукта	0,20	80	100	0,8	0,16
10. Уровень проникновения на рынок	0,01	45	100	0,4	0,004
11. Перспективность рынка	0,01	80	100	0,8	0,008
12. Цена	0,15	85	100	0,85	0,1275
13. Финансовая эффективность научной разработки	0,1	80	100	0,8	0,08
14. Срок выхода на рынок	0,01	50	100	0,45	0,0045
Итого	1				0,7754

Значение  $P_{ср} = 77,54$  показывает, что перспективность технологического процесса изготовления детали «Держатель» на рынке является перспективной.

3.1.3 Комплексный анализ научно-исследовательского проекта по разработке технологического процесса изготовления детали «Держатель» посредством SWOT-анализа.

Результаты SWOT-анализа приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2. – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологического</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Проект ориентирован на использование современного оборудования.</p>
--	--	--

	<p>процесса.</p> <p>С2. Высокая производительность труда.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологическими процессами.</p> <p>С4. Низкая металлоемкость.</p> <p>С5. Конкурентоспособность проекта.</p>	<p>Сл2. Ограниченный круг потенциальных потребителей.</p> <p>Сл3. Узкоспециализированное назначение разработки.</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p> <p>Сл5. Необходимость повышения квалификации кадров потенциальных потребителей.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Занятие дополнительных ниш на рынке за счет усовершенствовании технологии.</p> <p>В2. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт в связи с его экономичностью.</p> <p>В4. Использование инновационной</p>	<p>В1В2В5С1С3С5</p> <p>В3С1С3С4</p> <p>В4С1С2С4</p>	<p>В1В2Сл1Сл2Сл3</p> <p>В3Сл2Сл3</p> <p>В4Сл1Сл3</p> <p>В5Сл1Сл2</p>



инфраструктуры ТПУ. В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.		
Угрозы:  У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.  У2. Развитая конкуренция технологий производства.  У3. Ограничения на экспорт технологии.  У4. Сложная финансовая ситуация в экономике страны.  У5. Наличие барьеров для входа на рынок.	У1С1С3С4  У2С3С4С5  У3С3С5  У4С1С3  У5С1С3С4С5	У1У2У4Сл1Сл2Сл3  У5Сл2Сл3Сл4

Анализ интерактивных таблиц выявил сильно коррелирующие стороны и возможности, стороны и угрозы, каждая из представленных записей представляет собой направление реализации проекта.

### 3.2. Планирование научно-исследовательской работы

Важное значение для рациональной организации научно-исследовательской работы имеет ее планирование. Планирование научно-исследовательской работы заключается в определении структуры работы, ее трудоемкости, а также в формировании бюджета затрат.

#### 3.2.1 Структура работы в рамках научного исследования

Реализация научно-исследовательского проекта по разработке технологического процесса изготовления детали «Держатель» состоит из 9

основных этапов, которые составляют структуру научного исследования. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлено в таблице 3.3.

Таблица 3.3. – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер (дипломник)
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер (дипломник)
	4	Календарное планирование работ по теме	Инженер (дипломник)
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер (дипломник)
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер (дипломник)
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер (дипломник)
	8	Контроль результатов исследований	Руководитель темы
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер (дипломник)

### 3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценена экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  использована следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 1-й работы составило:

$$t_{ож1} = \frac{3*1 + 2*2}{5} = 1,4 \text{ чел. – дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 2-й работы составило:

$$t_{ож2} = \frac{3*12 + 2*15}{5} = 13,2 \text{ чел. – дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 3-й работы составило:

$$t_{ож3} = \frac{3*2 + 2*3}{5} = 2,4 \text{ чел. – дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 4-й работы  $t_{ожі}$  составило:

$$t_{\text{ож}4} = \frac{3*2 + 2*3}{5} = 2,4 \text{чел.} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 5-й работы составило:

$$t_{\text{ож}5} = \frac{3*25 + 2*40}{5} = 31 \text{чел.} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 6-й работы составило:

$$t_{\text{ож}6} = \frac{3*30 + 2*35}{5} = 32 \text{чел.} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 7-й работы составило:

$$t_{\text{ож}7} = \frac{3*2 + 2*3}{5} = 2,4 \text{чел.} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 8-й работы составило:

$$t_{\text{ож}8} = \frac{3*1 + 2*2}{5} = 1,4 \text{чел.} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 9-й работы составило:

$$t_{\text{ож}9} = \frac{3*1 + 2*3}{5} = 1,8 \text{чел.} - \text{дн.}$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определена продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по формуле:

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{C_i},$$

где  $T_{p_i}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Продолжительность 1-й работы:

$$T_{p_1} = \frac{1,4}{1} = 1,4 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 2-й работы:

$$T_{p_2} = \frac{13,2}{1} = 13,2 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 3-й работы:

$$T_{p_3} = \frac{2,4}{2} = 1,4 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 4-й работы:

$$T_{p_4} = \frac{2,4}{1} = 2,4 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 5-й работы:

$$T_{p_5} = \frac{31}{1} = 31 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 6-й работы:

$$T_{p_6} = \frac{32}{1} = 32 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 7-й работы:

$$T_{p_7} = \frac{2,4}{1} = 2,4 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 8-й работы:

$$T_{p8} = \frac{1,4}{1} = 1,4 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 9-й работы:

$$T_{p9} = \frac{1,8}{2} = 0,9 \text{ раб. дн.}$$

### 3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

С целью построения ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведена в календарные дни. Для этого была использована следующая формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определен по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности в 2017 году составил:

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 105 - 14} = 1,48$$

Продолжительность выполнения 1-й работы в календарных днях

$$T_{к1} = 1,4 \cdot 1,48 = 2 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 2-й работы в календарных днях

$$T_{к2} = 13,2 \cdot 1,48 = 20 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 3-й работы в календарных днях

$$T_{к3} = 1,4 \cdot 1,48 = 2 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 4-й работы в календарных днях

$$T_{к4} = 2,4 \cdot 1,48 = 4 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 5-й работы в календарных днях

$$T_{к5} = 31 \cdot 1,48 = 46 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 6-й работы в календарных днях

$$T_{к6} = 32 \cdot 1,48 = 47 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 7-й работы в календарных днях

$$T_{к7} = 2,4 \cdot 1,48 = 4 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 8-й работы в календарных днях

$$T_{к8} = 1,4 \cdot 1,48 = 2 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 9-й работы в календарных днях

$$T_{к9} = 0,9 \cdot 1,48 = 1 \text{ кал. дн.}$$

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 3.4.

Таблица 3.4. – Временные показатели проведения научного исследования

Название	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	tmin, чел-дни	tmax, чел-дни	toжi, чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	Руководитель темы	1,4	2
Подбор и изучение материалов по теме	12	15	13,2	Инженер (дипломник)	13,2	20
Выбор направления исследований	2	3	2,4	Руководитель, инженер (дипломник)	1,4	2
Календарное планирование работ по теме	2	3	2,4	Инженер (дипломник)	2,4	4
Проведение теоретических расчетов и обоснований	25	40	31	Инженер (дипломник)	31	46
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	30	35	32	Инженер (дипломник)	32	47



Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	2	3	2,4	Инженер (дипломник)	2,4	4
Контроль результатов исследований	1	2	1,4	Руководитель темы	1,4	2
Оценка эффективности полученных результатов	1	3	1,8	Руководитель, инженер (дипломник)	0,9	1

На основе таблицы 3.4. построен календарный план-график представленный в таблице 3.5.

Таблица 3.5. – Календарный план-график проведения НИОКР

№ раб от	Вид работ	Исполнитель и	$T_{ki}$ , кал · дн.	Продолжительность выполнения работ																	
				январь		февраль			март			апрель			май			июнь			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы	4	■																	
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер (дипломник)	18		■																
3	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер (дипломник)	1			■															



### 3.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ учтены следующие виды расходов:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

### 3.2.5 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат произведен по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх i},$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расх i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для разработки технологического процесса изготовления детали «Держатель», представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6. – Материальные затраты, необходимые для разработки технологического процесса изготовления детали «Держатель»

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Ручка	шт.	3	30,0	90,0
Карандаш	шт.	4	10,0	40,0
Ластик	шт.	3	10,0	30,0
Бумага офисная	л.	500	0,3	150,0
Итого				310,0

### 3.2.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.

Для выполнения научно-технического исследования специальное оборудование не приобреталось, а использовалось оборудование, имеющееся в наличии. Амортизационные отчисления оборудования, используемого при выполнении научно-технического исследования инженером (дипломником) (персональный компьютер), определены линейным методом начисления амортизации основных средств по формуле:

$$A = \text{Стоимость ОС} * \text{Норма амортизации} / 100\%,$$

где А – амортизация основного средства;

Стоимость ОС – стоимость основного средства при принятии на учет;

Норма амортизации = 100%/ срок полезного использования.

Норма амортизации персонального компьютера, используемого в ходе выполнения научно-технического исследования, составляет 10% в год (норма амортизации = 100%/10).

Амортизация персонального компьютера, используемого в ходе выполнения научно-технического исследования, составила:

$$A_{\text{годовая}} = 40000 * 10\% / 100\% = 4000 \text{ руб.}$$

$$A \text{ в период выполнения НТИ} = 4000 / 12 * 4,4 = 1466,66 \text{ руб.}$$

### 3.2.7 Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата руководителя темы и инженеров (дипломников)-3-х человек, непосредственно участвующих в выполнении работ по разработке технологического процесса изготовления детали «Держатель» (включая премии, доплаты), включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (15 % от  $З_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $З_{осн}$ ) руководителя темы, инженеров (дипломников) рассчитана по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p,$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d},$$

где  $З_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где  $З_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент;

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент.

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$З_{\text{м}} = 23264,86 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 = 48390,9$$

Месячный должностной оклад инженера (дипломника), руб.:

$$З_{\text{м}} = 14584,32 \cdot (1 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,3 = 26543,5$$

Таблица 3.7. – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель темы	Инженер (дипломник)
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	105	105
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	28	28
- невыходы по болезни	15	5
Действительный годовой фонд рабочего времени	204	214

Среднедневная заработная плата руководителя темы, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{48390,9 * 10,4}{204} = 2466,95$$

Среднедневная заработная плата инженера (дипломника), руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{26543,5 * 11,2}{214} = 1389,20$$

Основная заработная плата руководителя темы составила:

$$З_{\text{осн}} = 2466,95 * 6,7 = 16528,54 \text{руб.}$$

Основная заработная плата инженера (дипломника) составила:

$$З_{\text{осн}} = 1389,20 * 83,7 = 116275,40 \text{руб.}$$

Расчёт основной заработной платы приведён в таблицах 3.8. и 3.9.

Таблица 3.8 – Расчёт основной заработной платы руководителя темы и инженера (дипломника) непосредственно участвующих в выполнении работ по разработке технологического процесса изготовления детали «Держатель».

Исполнители	Зтс, руб.	кпр	кд	кр	Зм, руб	Здн, руб.	Тр, раб. дн.	Зосн, руб.
Руководитель темы	23264,86	0,3	0,3	1,3	48390,9	2466,95	6,7	16528,54
Инженер (дипломник)	14584,32	0,2	0,2	1,3	26543,5	1389,20	83,7	116275,40
Итого Зосн								132803,95

Таблица 3.9. – Расчёт основной заработной платы руководителя темы и инженера (дипломника) непосредственно участвующих в выполнении работ по разработке технологического процесса изготовления детали «Держатель» (поэтапный)

№	Наименование этапов	Трудоемкость, чел.-дн.		Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.		Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.	
		Руководитель темы	Инженер (дипломник)	Руководитель темы	Инженер (дипломник)	Руководитель темы	Инженер (дипломник)
1	Разработка технического задания	2,4		2466,95	1389,20	5920,67	0,0
2	Выбор направления исследований	0,7	14,1	2466,95	1389,20	1726,86	19587,61
3	Теоретические и экспериментальные исследования	2,4	68,4	2466,95	1389,20	5920,67	95020,77
4	Обобщение и оценка результатов	1,2	1,2	2466,95	1389,20	2960,34	1667,03
Итого:						16528,54	116275,40

### 3.2.8 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).



Расчет дополнительной заработной платы произведен по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принят равным 0,12).

Дополнительная заработная плата руководителя темы, руб.:

$$З_{\text{доп}} = 0,12 \cdot 16528,54 = 1983,42$$

Дополнительная заработная плата инженера (дипломника), руб.:

$$З_{\text{доп}} = 0,12 \cdot 116275,4 = 13953,05$$

### 3.2.9 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина обязательных отчислений по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников определена исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2017 год установлен размер страховых взносов равный 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 3.10.

Таблица 3.10. – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель темы	16528,54	1983,43
Инженер (дипломник)	116275,4	13953,05
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого	44622,13	

### 3.2.10 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, электроэнергия, размножение материалов и т.д. Их величина определена по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}},$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов взята в размере 16%.

Накладные расходы составили:

$$З_{\text{накл}} = 195535,9 \cdot 0,16 = 31285,75 \text{руб.}$$

### 3.2.11 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 3.11.

Таблица 3.11. – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	310,0
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	1466,66
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	132804
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	15936,47
5. Отчисления во внебюджетные фонды	44622,13
6. Накладные расходы	31285,75
7. Бюджет затрат НТИ	226821,70

### 3.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности произведено на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в ходе оценки бюджета затрат вариантов исполнения научного исследования. Интегральный финансовый показатель разработки определен как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп. i}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп. i}}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi p_i$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Для определения интегрального показателя финансовой эффективности использована оценка бюджета затрат вариантов исполнения технологического процесса изготовления детали «Держатель» (базового технологического процесса, применяемого на машиностроительных предприятиях по изготовлению детали «валик передний» в настоящее время, и технологического процесса, разработанного в рамках данного научного исследования). Экспертная оценка бюджета затрат исполнения базового технологического процесса составляет 299,0 тыс. руб.

Интегральный финансовый показатель составил:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{226821,70}{226821,70} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{299000}{226821,70} = 1,3$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает численное превышение бюджета затрат разработки в размах базового технологического процесса.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определен следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 3.12.

Таблица 3.12. – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Разработанный технологический процесс	Базовый технологический процесс
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	2
3. Безопасность	0,15	5	3
4. Энергосбережение	0,20	4	3
5. Надежность	0,25	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	4
ИТОГО	1		

$$I_{p-usc1} = 4*0,1 + 4*0,15 + 5*0,15 + 4*0,2 + 4*0,25 + 4*0,15 = 4,15;$$

$$I_{p-usc2} = 3*0,1 + 2*0,15 + 3*0,15 + 3*0,2 + 4*0,25 + 4*0,15 = 3,25;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{usni}$ ) определен на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}}$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,15}{1} = 4,15$$

$$I_{исп.2} = \frac{3,25}{1,3} = 2,50$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволило определить сравнительную эффективность проекта (таблица 4.15). Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Таблица 3.13. – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработанный технологический процесс	Базовый технологический процесс
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1,3
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,15	3,25
3	Интегральный показатель эффективности	4,15	2,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,66	0,60

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило выбрать более эффективный вариант исполнения научного

исследования с позиции финансовой и ресурсной эффективности – разработанный в рамках выпускной квалификационной работы технологический процесс изготовления детали «Держатель».

Таким образом, в результате проведенных исследований, установлено, что разработанный технологический процесс изготовления детали «Держатель» экономичен, энергоэффективен, характеризуется низкой металлоемкостью, высокой производительностью труда, в связи с чем, считаю, данный научно-исследовательский проект конкурентоспособным.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8ЛЗ1	Казаковой Наталие Анатольевне

УДК 621.81-229.27.002

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Тема дипломной работы: Анализ и совершенствование технологического процесса изготовления детали «Держатель МПЗА-Кс»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования	Объектом исследования является механический цех по производству деталей типа «Держатель МПЗА-Кс».
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</b>	<i>Параметры анализа:</i> 1. микроклимат; 2. промсанитария; 3. наличие вредных веществ; 4. производственный шум; 5. расчет освещенности рабочего места; 6. электрическая безопасность; 7. движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования 8. Пожарная безопасность
<b>2. Экологическая безопасность</b>	– анализ воздействия объекта на окружающую среду (сбросы, выбросы, отходы); – мероприятия по сокращению негативного воздействия на окружающую среду; – утилизация промышленных отходов.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	<i>Защита в чрезвычайных ситуациях:</i> – сильные морозы; – несанкционированное проникновение постороннего на территорию предприятия. – план эвакуации.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	<i>Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);</i>
<b>5. Перечень графического материала</b>	1. План размещения светильников 2. План эвакуации

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Юрий Митрофанович	Доктор технических наук		26.02.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8ЛЗ1	Казакова Наталия Анатольевна		26.02.2018



## 4. Социальная ответственность

В данном разделе ВКР инженера рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места на участке ЧПУ промышленного предприятия ОАО «Манотомь» в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

Предприятие размещается на пр. Комсомольский 62.

ОАО «Манотомь» специализируется на выпуске манометров различного типа и направленности (железнодорожных, судовых, дифференциальных, молочных, аммиачных, виброустойчивых, сигнализирующих, специальных), в т. ч. во взрывоопасном и коррозионностойком исполнении.

Расстояние до ближайшей жилой зоны составляет: 60 м на запад и 100 м на северо-запад. Расстояние до ближайшего водного объекта (р. Ушайка) – 1600 метров.

ОАО «Манотомь» граничит с территорией предприятий: с севера - ООО «Томь - Экстра» ЗАО «ЗПП» А/к 1975 МП «Жилремэксплуатация Советского района»; с востока — ОАО «Сибэлектромотор»; с юга - МП «Томское трамвайное управление»; с запада - проезжая часть пр. Комсомольский.

Основной целью данного раздела является создание оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, повышения его производительности, сохранения работоспособности в процессе деятельности, а также охраны окружающей среды.

В связи с тем, что дипломная работа предусматривает разработку нормативной и технической документации вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются с позиции разработчика комплекта документов. Производственная среда организация рабочего места должна соответствовать общепринятым и специальным требованиям техники безопасности эргономики нормам санитарии экологической и пожарной безопасности.

### 4.1 Производственная безопасность

Администрация предприятий (учреждений) обязана обеспечивать надлежащее техническое оборудование всех рабочих мест и создавать на них условия работы соответствующие правилам охраны труда (правилам по технике безопасности санитарным нормам и правилам и др.). [20]

Технологический процесс изготовления детали типа «Держатель» характеризуется наличием опасных и вредных производственных факторов характерных для машиностроительных предприятий.

Для производства «Держателя» вредными факторами являются [1]:

- Микроклимат;
- Промсанитария ( наличие вредных токсинов);
- Недостаточная освещенность;
- Повышенный уровень шума;
- Некомфортабельные условия.

#### 4.1.1. Микроклимат

Параметры микроклимата в производственном помещении на ОАО «Манотомь» установлены в соответствии СН 245 – 95 в следующих пределах: температура воздуха в тёплое время года от +19 до +24; в холодное время года от +17 до +23; относительная влажность не более 60%; скорость движения воздуха не более 0,2 м/с.

Под микроклиматом производственной среды согласно ГОСТ 12. 1.005 – 88. ССБТ [6] понимают сочетание температуры, относительной влажности воздуха и интенсивности теплового излучения. Перечисленные параметры оказывают огромное влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие здоровье надежность работы.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 4.1 [13].

Таблица 4.1. Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений.

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	средняя	19 – 24	15 - 75	$\leq 0,1$
Теплый	средняя	15 - 28	20 - 80	$< 0,5$

Помещение, где находятся рабочие места, соответствуют данным нормам.

Помещение, его размеры (площадь, объем), должны в первую очередь, соответствовать количеству рабочих и размещенному в нем оборудованию.

Для обеспечения нормальных условий труда санитарные нормы СН 245 – 71 устанавливают, что на одного рабочего должно приходиться  $4,5 \text{ м}^2$  площади помещения и  $20 \text{ м}^3$  объема воздуха.

Помещение имеет следующие параметры:

- длина помещения – 115 м;
- ширина - 62 м;
- высота - 10 м.

Исходя из этих параметров, площадь данного помещения составляет:

$$S = 115 * 62 = 7130 \text{ кв.м};$$

$$\text{объем: } V = 115 * 62 * 10 = 71300 \text{ куб.м.}$$

В цехе работает 52 человека. Значит на каждого человека приходится  $1371 \text{ куб.м}$  объема воздуха. Это очень хорошо удовлетворяет санитарным нормам.

В данном помещении используют искусственное и естественное освещение, поскольку, работа в основном зрительная, то естественного освещения не достаточно, особенно в темное время суток.

4.1.2 Производственная санитария – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на рабочих вредных производственных факторов.

Санитарно – гигиенически: содержание вредных и отравляющих веществ в воздухе.

В технологических процессах и производственных операциях используются вещества, про которые известно, что они токсичны. Есть много технологических процессов и операций, которые следует считать потенциально опасными в отношении попадания в производственные помещения / на рабочие места токсичных веществ, и воздействия этих веществ на рабочих при концентрации, большей уровня реагирования. Ниже приводится несколько примеров:

- Любой процесс или операция, при которых происходит шлифование, пескоструйная обработка, отпиливание, резка или другие действия, при которых образуется пыль.
- Любое горение.
- Плавление металлов, при котором образуется дым и оксиды металлов.
- Любой процесс, при котором происходит распыление растворителей или их использование в виде жидкости, или использование веществ, содержащих растворители (например — смешивание сырых материалов, окраска распылением, или очистка с использованием растворителей). Это может привести к загрязнению воздуха парами и туманами.
- Процессы обработки поверхностей металлов — очистка, травление, обработка кислотой. Это может привести к загрязнению воздуха парами и туманами.

Стандарты OSHA по охране труда обязывают работодателя проводить измерение воздействия на рабочего с помощью любой комбинации длительных или серии кратковременных замеров так, чтобы они отражали реальное воздействие на сотрудника.

Санитарно-технические мероприятия включают в себя специальные средства защиты для работников, находящихся в зоне выброса в атмосферу вредных элементов, а так же установка вытяжки, пылезащитных экранов.

#### 4.1.3. Недостаточная освещенность

При работе на станках недостаточная освещенность рабочего места и производственного помещения в целом приводит к ослаблению зрения и общей утомляемости рабочего.

Мероприятия по устранению недостаточной освещенности:

1. Освещенность рабочего места должна быть согласно СНиП П-4-85 300 люкс. Обеспечить это требование естественным освещением практически невозможно, поэтому должно применяться комбинированное освещение.
2. Контроль естественного и искусственного освещения в производственных помещениях следует проводить один раз в год.

#### 4.1.4. Расчет искусственного освещения

Недостаточная освещенность рабочей зоны и производственных помещений. Система освещения в цехе должна включать в себя общее и местное освещение. Величина минимальной освещенности должна составлять 200 лк, согласно СНиП 23-05-95 [14]. В нашем случае освещенность цеха комбинированная – сочетание общего освещения с местным источником света на рабочем месте. При устройстве освещения следует помнить, что оно нормируется и по показателям яркости рабочей поверхности. Поверхности, отражающие свет не должны производить слепящего действия на человека. Наиболее благоприятно для человека естественное освещение. Физиологами установлено, что при естественном освещении производительность труда рабочих на 10% выше, чем при искусственном.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

Расчёт общего освещения выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Световой поток лампы определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta}$$

где  $E_n$  – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, 300 лк;

$S$  – площадь освещаемого помещения,  $\text{м}^2$ ;

$K_z$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника наличие в атмосфере цеха дыма, пыли;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения, отношение  $E_{\text{ср}} / E_{\text{min}}$ . Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 0,9;

$N$  – число ламп в помещении;

$h$  – коэффициент использования светового потока.

Так как работа производится по всей площади, то искусственное освещение – общее равномерное. В качестве осветительных приборов выбираем открытый двухламповый светильник типа ОДОР - 2 - 30 с параметрами:

1) количество и мощность: 2 x 30 Вт;

2) размеры: длина  $l_{\text{св}} = 925$  мм; ширина  $a_{\text{св}} = 265$  мм; высота  $h_{\text{св}} = 125$  мм;

3) КПД  $\eta = 75\%$ .

а) Индекс помещения  $i = S / h(A+B)$ ,

где  $S$  – площадь освещаемого помещения,  $\text{м}^2$ ;  $S = a \cdot b = 11,5 \cdot 6,2 = 71,3 \text{ м}^2$ ;

$h$  — высота подвеса светильников над рабочей поверхностью,

принимаем  $h = 2,5$  м.

Основное станочное помещение с размерами:

длина  $A = 11,5$  м,

ширина  $B = 6,2$  м,

высота  $H = 10$  м.

$$i = 71,3 / 2,5(11,5+6,2) = 1,611$$

Значение коэффициентов отражения потолка  $\rho_n = 70\%$  и стен  $\rho_c = 50\%$

Коэффициент использования светового потока светильников  $\eta = 50\%$

[13, стр. 51, таб.4,11].

Коэффициент неравномерности освещения  $Z = 0,9$ .

Световой поток  $F$  для ламп типа ЛБ мощностью 30 Вт и напряжением сети 220 В составляет 2020 лм. [13, стр. 42, таб.4,1].

На выгоднейшее расстояние между светильниками можно определить с помощью коэффициента

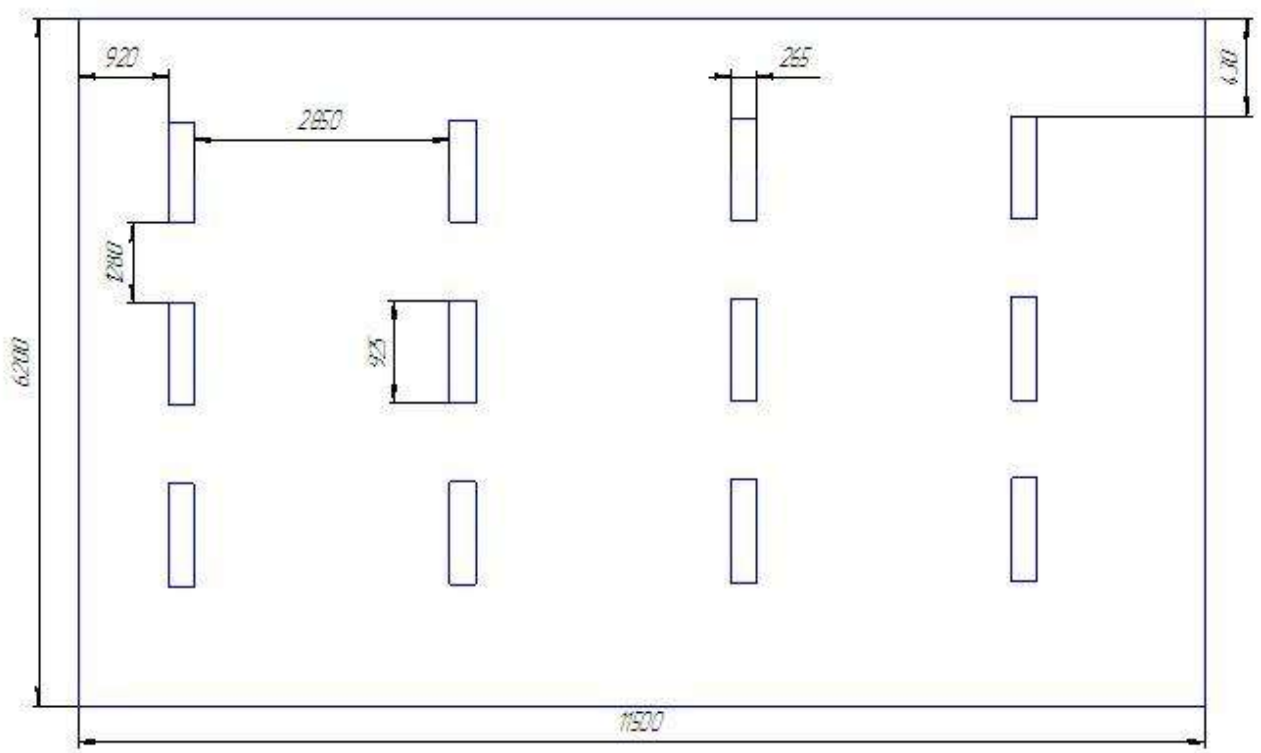
$$\lambda = \frac{L}{h}$$

где  $L$  - расстояние между светильниками; принимаем  $\lambda = 1.1$ ,

тогда  $L \cdot \lambda = 1,1 \cdot 2,5 = 2,75\text{м}$

В соответствии с рекомендациями [13, стр. 46] строим схему расположения светильников на участке ЧПУ.

Схема расположения светильников.



Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{11,5}{2,75} = 4,18 \approx 4$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{6,2}{2,75} = 2,25 \approx 3$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 3 \cdot 4 = 12$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,75}{3} = 0,92 \text{ м.}$$

Общее число ламп:  $n_a = 2 \cdot n_{\Sigma} = 2 \cdot 12 = 24$

Согласно норме освещенности по СНиП 23-05-95, для цеховых помещений [13, стр.48, таб.4,8]  $E = 300 \text{ Лк.}$

$$\Phi = \frac{300 \cdot 71,3 \cdot 1,8 \cdot 0,9}{24 \cdot 0,47} = 1906 \text{ Лм}$$

Проверка выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\% = \frac{2020 - 1906}{2020} \cdot 100\% = 5,6$$

Полученная величина минимальной освещенности является приемлемой, т.е. данный выбор ламп светильников и их расположение удовлетворяет требованиям по технике безопасности.

#### 4.1.5. Повышенный уровень шума

Шум неблагоприятно воздействует на организм человека, вызывает психические и физиологические нарушения, снижение слуха, работоспособности, создают предпосылки для общих и профессиональных заболеваний и производственного травматизма, а также происходит ослабление памяти, внимания, нарушение артериального давления и ритма сердца.



Производственное оборудование и инструменты, создающие в процессе эксплуатации шум, необходимо конструировать в соответствии с требованиями этого стандарта и снабжать паспортом, с указанием спектра излучаемой звуковой мощности определяемой по ГОСТ 12. 1. 003 – 83 ССБТ.

Мероприятия по устранению повышенного уровня шума [12]:

- правильная организация труда и отдыха;
- ликвидация шума в источнике его возникновения путем своевременного устранения неисправности технологического оборудования;
- применение звукопоглощающих материалов в конструкциях, шумящих механизмов и оборудования;
- облицовка помещений (потолка и стен в небольших помещениях) звукоизолирующими и звукопоглощающими материалами;
- применение индивидуальных средств защиты органов слуха – наушников вкладышей шлемов (ГОСТ 12. 4. 011-89 ССБТ) [11].

#### 4.1.6. Шум.

Основные источники шума технологическое оборудование в основных производственных цехах металлообрабатывающие станки основного и вспомогательного производств.

При повышенных значениях допустимого уровня шума необходимо предусмотреть СИЗ и СКЗ.

##### СИЗ

- Применение специальной обуви и специальной одежды, защитные средства защиты для органов слуха: беруши, наушники.

##### СКЗ

- Применение средств защиты для снижения шума и вибрации и их распространения;
- Устранение причин шума или ослабление шума в источнике возникновения;
- Изоляция от источников повышенного шума окружающей среды, шумоизоляции, виброизоляции, вибропоглощение.

Максимальная шумовая характеристика станков 82 дБ в соответствии с ГОСТ 12.1.003-76. Индекс изоляции шума ограждением составляет 60,4 дБ. Уровень шума около наружной стены здания составляет 31,6 дБ.

В качестве материала шумоизоляции используют вспененные синтетические материалы (газонаполненный пластик, пенополиэстр, пенополиуретан, пенополиэтилен, пенополипропилен и др.)

Поэтому расчет снижения уровня шума на расстоянии проводить нецелесообразно.

#### 4.1.7. Некомфортабельные условия

В помещении, где проводятся работы, в силу различных причин может появиться такой фактор, как отклонение температуры и влажности от норм. Это создает дискомфортные условия для работы человека. Параметры микроклимата в производственном помещении в соответствии с СН 245-71 устанавливаются в следующих пределах:

Температура воздуха +19-25 °С

Относительная влажность - не более 70%

Движение воздуха - не более 0,2 м/с.

Мероприятия по устранению некомфортабельных условий:

Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений в холодный и переходный период должны соответствовать нормам, указанным в ГОСТ 12.1.005 – 76, поддерживаемые источниками отопления и вентиляции. В доступных местах цеха быть аптечки, укомплектованные необходимыми медицинскими средствами для оказания первой помощи пострадавшему. Должна быть также оборудована система пожарного оповещения, специальные места со средствами тушения пожаров. Кроме того, для создания комфорта рабочее место должно быть оснащено гибким креслом.

4.2. На участке, где находится оборудование могут быть следующие опасные факторы [1]:

- Поражение электрическим током;
- СОЖ (смазочно-охлаждающая жидкость);
- Стружка;

- Образивная наждачная пыль;
- Вращающиеся части станков;
- Слабое и ненадежное крепление инструмента;

Все выше описанные опасные факторы представляют существенную опасность для рабочего персонала участка, а следовательно, возникает потребность в проведении мероприятий, снижающих или удаляющих влияние этих факторов на здоровье производственного персонала. Данные мероприятия должны быть согласованы с санитарно-гигиеническими и другими нормами охраны труда.

Анализ опасных производственных факторов при изготовлении держателя 126.196 манометра МПЗА-Кс и мероприятия по их устранению.

#### 4.2.1. Поражение электрическим током

Основными причинами воздействия тока на человека являются: случайные проникновения или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям; появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции и др.

Поражающее действие электрического тока зависит от значения и длительности протекания тока через тело человека рода и частоты тока, места протекания тока индивидуальных свойств человека. Наиболее опасным для человека является переменный ток с частотой 20 – 100 Гц. Опасной величиной тока является ток равный 0,001 А, а смертельный 0,1 А. Также исход электропоражения зависит от состояния внешней среды. Могут быть следующие виды воздействий [9]:

- термическое (ожог);
- электрическое;
- биологическое (паралич мышц электрический удар).

Устанавливает предельно допустимые уровни (ПДУ) напряжений и токов ГОСТ 12. 1. 038-82 ССБТ [10].

Согласно ПУЭ производственное помещение участка относится к категории помещений с повышенной опасностью, если в нем присутствуют следующие факторы:

1. Сырость (относительная влажность более 75%);

2.Наличие токопроводящего пола;

3.Высокая температура (когда температура длительно «свыше суток» превышает +35 градусов) и токопроводящая пыль.

Следовательно, наше помещение относится к этой категории, так как в нем присутствуют такие факторы, как токопроводящий пол, так как он железобетонный и токопроводящая пыль. Проблема токопроводящих полов решается оборудованием рабочих мест деревянными плитами (решетками). А токопроводящая пыль устраняется с помощью устройств местной вытяжной вентиляции.

Мероприятия по защите от поражения электрическим током [9]:

1.Обеспечение недоступности токоведущих частей находящихся под напряжением путем надежной изоляции вывешивание плакатов и знаков и т.д.;

2.Электрическое разделение сети;

3.Устранение опасности поражения электрическим током при появлении напряжения на корпусах кожухах и других частях электрооборудования достигается применением малых напряжений использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала защитным, заземлением, занулением и др.;

4.Применение специальных электрозащитных средств;

5.Правильная эксплуатация электроустановок.

В нашем случае производство «Держателя» осуществляется на металлорежущих станках. А так как каждый металлорежущий станок имеет электропривод, все выше перечисленные меры защиты от поражения электрическим током должны применяться на каждом рабочем месте.

#### 4.2.2. СОЖ (смазочно-охлаждающая жидкость)

При обработке используется СОЖ (смазочно-охлаждающая жидкость). При попадании СОЖ на пол во время работы на станке возможны падения и как следствие вывихи переломы и повреждения кожного покрова, а также попадание СОЖ в глаза. Использование СОЖ приводит к различным заболеваниям кожи, а также раздражающе действует на слизистые оболочки верхних дыхательных путей.

Мероприятия по устранению СОЖ:

При работе на токарных фрезерных сверлильных станках во избежание попадания стружки в глаза необходимо установить защитные ограждения [4]. Чтобы устранить вредное воздействие на здоровье рабочих продуктов горения и испарения СОЖ необходимо установить в цехе систему вентиляции, поддерживающую необходимый состав атмосферы в рабочем помещении. Кроме того для устранения влияния СОЖ на кожу рук рабочих необходимо выдавать им мыло и «биологические перчатки».

#### 4.2.3. Стружка

При фрезеровании и точении деталей возможна вероятность отлета стружки в сторону рабочего места. В этом случае есть вероятность травмы глаз и открытых частей тела.

Мероприятия по устранению попадания стружки:

Для устранения возможности попадания стружки в глаза на станках, где есть такая возможность, необходимо установить защитные ограждения, а там где установка невозможна по техническим причинам, необходимо выдавать рабочим защитные очки [3].

#### 4.2.4. Вращающиеся части станков

При работе на токарных фрезерных станках, используемых в данном технологическом процессе, возможен захват волос или элементов одежды вращающимися частями станков. Следствием этого может быть тяжелая травма и даже смертельный исход.

Мероприятия по устранению травматизма вызванного вращающимися частями станков:

Для того чтобы предотвратить захват волос вращающимися частями станков или режущим инструментом необходимо выдавать рабочим специальные береты [3].

#### 4.2.5. Слабое и ненадежное крепление инструмента

Слабое и ненадежное крепление инструмента (фрезы, резца, сверла) на станке может явиться причиной травм рук (ушибов и переломов) станочника.

Мероприятия по устранению травматизма вызванного слабым и ненадежным креплением инструмента:

Проведение периодического инструктажа, направленного на соблюдение техники безопасности на рабочих местах [2], использование защитных экранов [4] .

#### 4.3. Пожарная и взрывная безопасность

Пожары на машиностроительных предприятиях представляют большую опасность для работников и могут причинить огромный материальный ущерб. Вопросы обеспечения пожарной безопасности производственных зданий и сооружений имеют большое значение и регламентируются государственными постановлениями и указами.

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящего материальный ущерб. Согласно ГОСТ 12. 1.004 – 91 ССБТ [5] понятие пожарная безопасность означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей.

При проектировании и строительстве производственных зданий и сооружений необходимо учитывать категорию пожарной безопасности производства. Согласно строительным нормам и правилам в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности производства подразделяются на категории, здания: А,Б,В,Г,Д. Помещения А,Б,В1-В4, Г,Д

Согласно данной классификации производство детали "Держатель" относится к категории В (пожароопасная) относятся производства, связанные с применением горючих и трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудногорючих материалов и веществ, а также материалов, способных гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом. При условии, что помещения, в которых они используются, не относятся к категориям А или Б. К этой категории относятся: фотомеханические цехи; цехи высокой, офсетной, трафаретной печати и склады красок для этих видов печати; склады масел, олиф, картона,; красочные станции цехов высокой печати; лаборатории; деревоотделочные цехи и т.п..

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера [15]:

- а) халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра, нагревательные приборы, использование открытого огня);
- б) самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении цеха должны проводиться следующие мероприятия:

- а) сотрудники предприятия должны пройти противопожарный инструктаж;
- б) сотрудники обязаны знать расположение средств пожаротушения и уметь ими пользоваться;
- в) необходимо обеспечить правильный тепловой и электрический режим работы оборудования;
- г) пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения должны содержаться в исправном состоянии и находиться на видном и легко доступном месте.

В цехе на заметных местах установлены специализированные щиты со следующим противопожарным инвентарем:

- Топоры.
- Багры.
- Ломы.
- Ведра.
- Огнетушитель порошковый ОП-5 предназначен для тушения возгорания твердых, жидких и газообразных веществ (класса А,В,С или В,С в зависимости от типа применяемого порошка).

Огнетушители ОУ-5 Огнетушитель углекислотный для тушения электроустановок.

В непосредственной близости от щита установлен ящик с песком. На участке имеется пожарная сигнализация, оповещающая пожарную службу завода при появлении возгорания. Кроме того в цехе имеются пожарные краны, оборудованные пожарными рукавами, которые установлены в предназначенных для этого местах (выходы, лестничные площадки и др.).

Чтобы имеющееся противопожарное оборудование находилось в исправном и работоспособном состоянии, проводятся его регулярные осмотры ответственными за противопожарное состояние лицами - мастером производственного участка и т. п.

#### 4.4. Экологическая безопасность

В современных условиях одной из важнейших задач является защита окружающей среды. Выбросы промышленных предприятий энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоемы и недра земли на данном этапе развития достигли таких размеров, что в ряде крупных промышленных центров уровни загрязнения существенно превышают допустимые санитарные нормы.

Согласно данным инвентаризации источников валовых выбросов, загрязняющих веществ в атмосферу, было выявлено 65 источников выбросов, все организованные. Общее количество выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ равно 21 тонн/год. Число выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ 39 376 тонн/год.

Производственные участки предприятия:

а) основное производство - цех № 4 (гальванический участок; участок металлообработки; участок горячей штамповки сварки и пайки, участок малярный участок литейный участок пластмасс); цех производства приборов (литография, участок обезжиривания и резки органического стекла); цех № 7 (участок термический участок металлообработки);

б) вспомогательное производство - цех № 7 (участок термический участок металлообработки); участок деревообработки участок сварки и металлообработки; участок энергомеханического производства; гараж; котельная.

Существует множество мероприятий по защите окружающей среды [19]:

- Механизация и автоматизация производственных процессов, сопряженных с опасностью для здоровья.
- Применение технологических процессов и оборудования, исключающих появление вредных факторов.
- Защита работающих от источников тепловых излучений.
- Устройство и оборудование вентиляции и отопления.
- Применение средств воздухоочистки.



- Предотвращение выброса вредных веществ в окружающую среду.
- Вывоз отходов, не подвергающихся вторичному использованию в специальные места захоронения.
- Применение средств индивидуальной защиты работающих.

В охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, призванные вести систематизированные наблюдения за состоянием атмосферы воды и почв, для получения фактических уровней загрязнения окружающей среды.

Промышленные отходы - это отходы, возникающие в результате производственных и технологических работ.

Обращение с отходами регламентируется Федеральным законом РФ от 24.06.1998 г. N 89-ФЗ и некоторым количеством подзаконных актов.

Утилизацию большинства отходов могут осуществлять только те организации, которые имеют лицензию. Однако даже специализированные организации имеют в своем распоряжении не так уж много способов, позволяющих разобратся с отходами.

Лучший способ утилизации производственных отходов — это, безусловно, вторичное использование предварительно переработанных отходов. За счет переработки отходов в ряд полезных продуктов позволяет решать проблему наиболее эффективно.

На «Манотомь» например, при обработке металлов используется СОЖ и машинное масло, которое впоследствии очищается от металлической стружки и пыли, и других примесей, и используется повторно. А металлическую стружку прессуют и продают другой организации на переплавку. Металлическую пыль также, прессуют и передают строительным организациям, которые их используют при возведении домов и сооружений, а также во время проведения монтажных, отделочных, облицовочных и ремонтных работ.

В настоящее время данный метод находит применение во многих областях. Отходы деревообрабатывающих предприятий идут на изготовление ДВП и ДСП, производства пластмасс — всевозможные материалы, используемые в промышленности и строительстве, производства резины — фартуки, рукавицы и коврики. Таким образом, сегодня утилизация отходов — это уже самостоятельная отрасль промышленности.

#### 4.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

В настоящее время, существует два основных направления минимизации вероятности возникновения последствий ЧС на промышленных объектах. Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятиях, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала в современных технических системах. В рамках этого направления на заводе технические системы снабжают защитными устройствами – средствами взрыво- и пожарозащиты технологического оборудования электро- и молниезащиты локализации и тушения пожаров и т.д.

Второе направление заключается в подготовке объекта и обслуживающего персонала к действиям в условиях ЧС. Основой второго направления является формирование планов действий в ЧС. Для этого на заводе прогнозируют размеры и степень поражения объектов, при воздействии на него поражающих факторов различных видов (взрывы, пожары, отключения электроэнергии, наводнения, землетрясения, террористические акты, морозы, нападение вероятного противника и др.), опираясь на экспериментальные и статистические данные о физических и химических явлениях, составляющих возможную аварию.

Повышение устойчивости технических систем и объектов достигается, главным образом, организационно-техническими мероприятиями. Для этого сначала исследуется устойчивость и уязвимость предприятия в условиях ЧС.

Исследования включают в себя анализ:

- надежности установок и технологических комплексов;
- последствий аварий отдельных систем производства;
- распространения ударной волны по территории предприятия при взрывах коммуникаций;
- распространения огня при пожарах различных видов;
- рассеивания веществ высвобождающихся при ЧС;

- возможности вторичного образования токсичных пожаро- и взрывоопасных смесей и т.п.

Так как, ОАО «Манотомь» находится в регионе, где зимой температура воздуха опускается ниже 40°, необходимо учесть этот фактор. Длительное воздействие низких температур вызывают обморожение, и часто сильное. На предприятии это обусловлено возможной поломкой оборудования, выхода из строя технических систем которые обслуживают предприятие и сооружения. Ущерб от сильных морозов связан с переохлаждением, замораживанием технических объектов, разрушением систем отопления, при возникновении отключения теплоснабжения, предприятие имеет свою котельную, которая может обогреть производственные помещения в сильные морозы.

При поломке городского транспорта в сильные морозы, для своевременной доставки работников предприятия на рабочие места, на производстве предусмотрен автобус, который в сильные морозы находится в теплом гараже и может без промедления выехать за работниками, нуждающимися в транспортировке.

При порывах в системе водоснабжения на предприятии предусмотрена покупка бутилированной чистой воды, которой снабжаются все необходимые помещения.

При повреждениях в электросетях, на предприятии имеется дизель генератор, который установлен в отдельном помещении с вентиляцией, он на время может обеспечить электроэнергией важные объекты.

От несанкционированного проникновения на территорию предприятия, необходимо территория оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной службой охраны, постами охраны с пропускной системой, системой связи. Не распространение сведений о системе охраны объектов, расположения оборудования, складов, сигнализаций. Должностные лица должны производить инструктаж и мероприятия по отработке действий при экстренных и чрезвычайных ситуациях.

Затем разрабатываются мероприятия по повышению устойчивости и подготовке объекта к восстановлению после ЧС. К таким мероприятиям относятся: правильная планировка наземных и подземных зданий и сооружений основного и вспомогательного производства - складских помещений и зданий административно-бытового назначения; внутренняя планировка помещений; расстановка сил и состояние пунктов управления и надежность узлов связи; безопасное хранение горючих и токсичных веществ и т.д.

В случае возникновения очага возгорания, эвакуация людей и оборудования должна производиться по специальным эвакуационным путям, обозначенным на планах эвакуации, которые должны быть вывешены в наиболее видных местах. Эвакуационными выходами служат двери и ворота, ведущие из помещения наружу.

#### 4.6 Перечень нормативно-технических документов:

1. ГОСТ 12. 0. 003 – 74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
2. ГОСТ 12. 0. 004 – 90 ССБТ. Обучение работающих безопасности труда.
3. ГОСТ 12. 2. 003 - 91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
4. ГОСТ 12. 2. 062-81 ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные.
5. ГОСТ 12. 1.004 – 91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (01. 07. 92).
6. ГОСТ 12. 1.005 – 88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89).
7. ГОСТ 12. 1. 007 – 76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
8. ГОСТ 12. 1. 010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
9. ГОСТ 12. 1. 019 -79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
10. ГОСТ 12. 1. 038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
11. ГОСТ 12. 4. 011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
12. СНиП П-12-77. Защита от шума.
13. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
14. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.- М.: Госстрой России ГУП ЦПП 2003.-60 с.

15. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. М.: Гострой России 1997. – с. 12.

## Заключение

В ходе бакалаврской работы был усовершенствован технологический процесс на изготовление детали «Держатель» и спроектировано станочное приспособление для его обработки. Выполнены все необходимые расчёты.

Проведён анализ технологического процесса с точки зрения наличия или возможного появления вредных и опасных факторов.

Операционные эскизы, чертежи, иллюстрации в работе были выполнены с помощью программы Компас-3D V16.1.

Таким образом, все поставленные задачи были выполнены.

## Список литературы:

1. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Том 1. Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.- 4-е издание, перераб. и доп.-М.: Машиностроение,1986.654 с.,ил.
2. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Том 2. Под редакцией А.М. Дальского, А.Г.Суслова, А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. 4-е издание, исправл.- М.,Машиностроение-1, 2003. 944 с.,ил.
3. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей. Учебное пособие. Томск издательство ТПУ 2009,91с.
4. Режимы резания металлов. Справочник/ Ю.В. Барановский Л.А. брахман Ц.З. Бродский и др. Изд. 3-е переработанное и дополненное. М.: Машиностроение 1972. – 409с.
5. Технология машиностроения. Выпускная квалификационная работа для бакалавров. Н.М.Султан-Заде, В.В.Клепиков, В.Ф.Солдатов, Е.В.Преображенская, В.И.Панчишин, А.Г.Схиртладзе Москва, ФОРУМ: ИНФРА-М,2016.-288с.
6. Допуск и посадки: Справочник. В 2-х ч. /В.Д. Мягков, М.А.Палей, А.Б.Романов, В.А.Брагинский. 7-е изд., перераб, и под. -Е.: Издательство АТП, 2015год. -Ч. 2. 448 с.: ил.
7. Режущие инструменты от Sandvik Coromant. Справочник 2010
8. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. Изд-е 4-е., исправл. и доп. Л.: Машиностроение, 1975 г. - 655 с
9. Горбачевич Н.Ф. Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. - Минск – Высшая школа 1983. – 253с.
10. Назаренко О.Б. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ 2001. – 15 с.
11. Справочная книга по охране труда в машиностроении / Г.В. Бектобеков Н.Н. Борисова В.И. Коротков и др.; Под общей ред. О.Н. Русака – Л.: Машиностроение 1989. – 541 с.
12. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств: Учеб. пособие для вузов / П.П. Кукин В.Л. Лапин Н. Л. Пономарев и др. – 3-е изд. испр. – М.: Высш. шк. 2004. - 319 с.

13. Охрана окружающей среды: Учеб для техн. вузов / С.В. Белов Ф.А. Барбинов А.Ф. Козьяков и др.; Под ред. С.В. Булова 2-е изд. испр. и доп. – М.: Высш. шк. 1991. - 319 с.
14. Охрана труда в машиностроении. Учебник для машиностроительных ВУЗов./ Под ред. Фельдштейна Е.Э. – Минск: Дизайн ПРО 1997 – 384с.
15. Экономика и организация производства в дипломных проектах: Учеб. Пособие для машиностроительных вузов/ К.М. Великанов Э.Г. Васильева В.Ф. Власов и др.; -4-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние 1986-285 с.: ил.